

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATÁLIA PEIXOTO GAIAD

ANÁLISE DAS PAISAGENS DO SUL DO BRASIL NO ÂMBITO DO INVENTÁRIO
FLORESTAL NACIONAL (IFN – BR)

CURITIBA

2018

NATÁLIA PEIXOTO GAIAD

ANÁLISE DAS PAISAGENS DO SUL DO BRASIL NO ÂMBITO DO INVENTÁRIO
FLORESTAL NACIONAL (IFN – BR)

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte

Coorientadora: Dra. Maria Augusta Doetzer Rosot

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Gaiad, Natália Peixoto

Análise das paisagens do sul do Brasil no âmbito do inventário
florestal nacional (IFN – BR) / Natália Peixoto Gaiad. – Curitiba, 2018.
179 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte

Coorientadora: Dra. Maria Augusta Doetzer Rosot

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba,
02/03/2018.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Inventário florestal – Brasil, Sul. 2. Dendrometria. 3. Paisagens. 4.
Amostragem (Estatística). 5. Sistemas de informação geográfica. 6. Teses. I. Dalla
Corte, Ana Paula. II. Rosot, Maria Augusta Doetzer. III. Universidade Federal do
Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.524.6(816)

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160

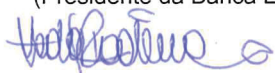
TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **NATÁLIA PEIXOTO GAIAD**, intitulada: **ANÁLISE DAS PAISAGENS DO SUL DO BRASIL NO ÂMBITO DO INVENTÁRIO FLORESTAL NACIONAL (IFN - BR)**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de Mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 02 de Março de 2018.


ANA PAULA DALLA CORTE(UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)



YEDA MARIA MALHEIROS DE OLIVEIRA(EMBRAPA)


NELSON CARLOS ROSOT(UFPR)



AGRADECIMENTOS

Agradecer. Foram tantas as pessoas que de formas perceptíveis, intencionais ou de maneira natural, me ajudaram nesta etapa árdua, trabalhosa, mas que no seu término, é gratificante.

O início, a mudança, tem sempre a adaptação, e são as pessoas que estão ao seu redor que fazem dela uma adaptação mais tranquila ou mais pesada. Encontrar e conhecer pessoas como a Aline, Aninha, Bruna, Marieli, Karen, Franciel e todos os outros membros do BIOFIX me deu o apoio e suporte que precisei, me ajudando a tirar dúvidas em programas e escritas, em formas de redigir ou sinônimos para substituir palavras em artigos, a rotina e o funcionamento do novo laboratório no qual eu estava me inserindo, além de me proporcionarem momentos descontraídos de risos, muitas conversas e cafezinhos “lagartando” no sol. Agradeço de coração todo o carinho e companheirismo que comigo compartilharam, e espero poder retribuir ao máximo em tudo o que estiver ao meu alcance.

Para conseguir essa inserção neste novo ambiente de trabalho, agradeço à professora Ana Paula Dalla Corte que me proporcionou esta oportunidade, repassando toda a sua experiência, conselhos, forma ética de trabalhar, sendo fiel ao papel de orientar e sempre buscando novos temas e atualizações na linha em que estamos inseridos. Admiro a forma centrada, determinada e responsável com que atua e espero ter correspondido ao papel que me foi dado. Obrigada pela paciência, pelos ensinamentos e pela orientação.

Para poder ter essa orientação e estar em contato com uma profissional tal como a professora Ana Paula, tenho que agradecer o privilégio que tive em conhecer e trabalhar com uma pesquisadora como a Maria Augusta Doetzer Rosot, minha “mãe” do Sul. Agradecer por, desde março de 2015, me receber de braços abertos, cheia de paciência para ensinar, vontade de orientar e repassando essa paixão e entusiasmo em fazer algo que se gosta. Agradecer por, após três anos, me acrescentar conhecimentos, experiências e vivências de que nunca irei esquecer. Agradecer pelos chás e bolos, pelas conversas, pelos conselhos e pelos risos compartilhados, e mais ainda, agradecer por estar aberta às minhas sugestões, por acreditar em mim e na minha capacidade de cumprir o que me foi confiado. Minha mais sincera gratidão por tudo, afinal, as pessoas estão onde estão, com as companhias que devem estar, para juntas adquirirem algum aprendizado.

Por meio da Augustinha tive a honra de dividir a maior parte do meu tempo em Curitiba com a família LabMon. O Laboratório de Monitoramento Ambiental da Embrapa Florestas foi praticamente minha segunda casa, e quantas pessoas de coração enorme e almas leves moram nesta casinha. Agradeço à Yeda pelos ensinamentos e pelo vasto conhecimento na área, onde qualquer conversa que tinha, ouvia sempre atenta pronta a aprender e ter opiniões fortes sobre diversos temas florestais; à Marilice, com seus conselhos, ideias, ótima companheira de viagem e sempre me dando aquele “empurrãozinho” de que tudo vai dar certo; à Luziane, que de um jeito ou de outro estava sempre do meu lado, me ajudando, me explicando e me auxiliando nas minhas dificuldades; Denise, Wilson, Maristela, e todos companheiros das tarefas a serem realizadas no âmbito do laboratório. Aprendi muito com todos vocês, muito obrigada.

Dentre essas pessoas que convivi no Laboratório de Monitoramento Ambiental, uma merece meu agradecimento especial: Jéssica. Talvez pela afinidade, pelos gostos, pela idade, mas ganhei, além de uma ótima parceira profissional, uma amiga incrível. Agradeço, Jé, por cada momento do seu dia que você “perdeu”, disponibilizando-o para me ajudar, me explicar, me ensinar, repassar os seus grandes conhecimentos, sempre tão prestativa, paciente e dedicada – qualidades estas que estão presentes em todos os seus produtos. Tenho orgulho de ter trabalhado junto com você e ter tido a oportunidade de te ouvir e ser sua parceira, não só no ambiente de trabalho, mas nas músicas, nos cafés, nos doces, nas dicas de comida e nas confidências debaixo do sol após as nossas “marmitas”. Meu muito obrigado por tudo, sem você este trabalho seria outro!

Vou sentir muitas saudades dessa família que todos vocês se tornaram para mim, falta das conversas, dos risos, dos cafés e do carinho; o meu muito obrigada, de coração, a cada um de vocês, por estarem sempre à disposição para qualquer dúvida que eu tinha e sempre a postos para parar o que estavam fazendo, me atender e me explicar, e ainda, torcendo para o meu sucesso. Labmon – minha família querida do Sul, vocês ficarão guardadas no meu coração como lembrança de uma época muito boa da minha carreira profissional.

Agradeço imensamente à minha família, meus pais, irmãos, minhas sobrinhas, que contribuíram nos momentos de distração, para que eu nunca perdesse a leveza e conseguisse suportar as saudades. Mesmo longe, sempre se fizeram muito presentes nas palavras, no apoio e nos ensinamentos sobre a minha

capacidade de conseguir alcançar os meus objetivos. Amo vocês.

Ao meu parceiro e companheiro de todas as horas, Felipe, que me ajudou em tudo o que podia, revisando, relendo, corrigindo, sempre muito prestativo, preocupado e ansioso para que tudo se encaminhasse da melhor forma possível. Entendendo a distância, apoiando os meus objetivos e sempre presente – obrigada pelas palavras, amor, cumplicidade e companheirismo, você é incrível!

Obrigada ao primo Sérgio Gaiad, que me acolheu muito bem em Curitiba e estava sempre disposto a me auxiliar no que fosse necessário. Aos amigos de Piracicaba, dos quais me ausentei por um tempo devido à distância, agradeço aos momentos, mesmo que raras as vezes, de conversas e encontros, sempre me ajudando a renovar as energias e seguir adiante. Agradeço ainda, aos que passaram no meu caminho nessa trajetória, turma da disciplina de Fitogeografia Florestal, deixando opiniões e levando outras, se fazendo presente e sempre mudando um pouco as minhas ideias, fazendo com que pensemos e reflitamos mais sobre os assuntos que nos cercam.

Obrigada ao Serviço Florestal Brasileiro – SFB e ao Ministério do Meio Ambiente – MMA, pela disponibilização das imagens satelitárias usadas no trabalho, e também ao projeto GCP/BRA/079/GFF, pela geração de parte dos dados usados em minha pesquisa, muito obrigada.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos, tornando possível obter com êxito o título de Mestre.

E foi nessas pessoas, nesses momentos e nessas dificuldades, que me tornei mais forte, sendo elas responsáveis por sempre me impulsionar para frente, me fazendo enxergar minha capacidade de vencer. Muito obrigada!

RESUMO

Além das formas convencionais de coleta de dados e medição de variáveis dendrométricas, o Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR) possui uma componente geoespacial dedicada à obtenção de informações sobre as paisagens associadas aos conglomerados de campo do inventário. As denominadas Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs) são unidades de área de 10 x 10 km, distribuídas em um grid nacional a cada 40 km, cujo centro coincide com o centro do conglomerado. O objetivo principal deste trabalho foi sistematizar uma metodologia para análise e caracterização das UAPs, apoiada por Sistemas de Informações Geográficas e ferramentas de análise espacial, com base em uma amostra de 18 UAPs localizadas na região Sul. Os resultados foram detalhados para um subconjunto de seis UAPs, cuja análise envolveu as seguintes etapas: i) caracterização quanto a aspectos biogeoclimáticos; ii) classificação, por meio da adaptação de sistemas taxonômicos de paisagem internacionais e; iii) caracterização da estrutura espacial da paisagem (composição e configuração), usando um conjunto de índices gerados pelos software *GuidosToolbox* e *Fragstats*. Os índices padronizados foram agrupados em diferentes "famílias" relacionadas à composição da paisagem (classes de uso e cobertura da terra, morfologia de padrões espaciais) e à configuração da paisagem (modelo de mosaico da paisagem, interface de bordas, modelo de conectividade, fragmentação e conectores estruturais das zonas ripárias). A maioria das paisagens estudadas foi classificada como Agrícola matricial ou Florestal matricial ou Campestre matricial, já que a predominância na composição está entre essas três classes. Quanto à morfologia espacial, apenas uma possui alta percentagem de habitat interior (94,30%), tendo outras três um valor entre 4 e 26% de sua área e, duas, valores próximos a 0%. O entorno imediato (0,5 ha) das florestas presentes em três UAPs é composto por um mosaico de áreas predominantemente naturais; em outra, as florestas estão encravadas em contextos agrícolas; as duas UAPs restantes não possuem paisagens florestais. Apenas uma UAP apresentou predominância de interfaces de borda naturais (90 a 99%). Nas UAPs onde as coberturas agrícola e florestal ocorrem em proporções semelhantes, foram verificados os maiores índices de conectividade. Os índices de fragmentação no âmbito da cobertura florestal foram relativamente altos (acima de 61%) para cinco das seis UAPs analisadas. Para todas as UAPs, o Índice de Proteção em Corredores Estruturais sob Pressão Antrópica apresentou valores baixos (próximos de zero) para cenários considerando Áreas de Preservação Permanente com larguras de 5 e de 30 metros ao longo de rios. Isso significa que, na amostra em questão, a proteção legal conferida às áreas de habitat interior e suas conexões foi suficiente e adequada em termos espaciais. O sistema taxonômico aplicado e os índices e mapas gerados refletiram as condições gerais das paisagens analisadas, demonstrando que é possível caracterizá-las quanto ao seu padrão e respectivos processos de fragmentação e conectividade. Quando aplicada em nível nacional, no âmbito do IFN-BR, a metodologia constituirá a base de um sistema de monitoramento da paisagem para subsidiar políticas públicas relativas à recuperação e/ou conservação de habitats, em diversas escalas, em áreas prioritárias.

Palavras-chave: Índices de paisagem, classificação territorial, *GuidosToolbox*, *Fragstats*

ABSTRACT

Besides the conventional forms of data collection and measurement of dendrometric variables, the Brazilian National Forest Inventory (NFI-BR) has a geospatial component dedicated to obtaining information on the landscapes associated with the inventory Field Sampling Clusters. The Landscape Sampling Units (LSUs) are 10 x 10 km area units, distributed in a national 40 x 40 km grid, whose center coincides with the center of the Field Sampling Clusters. The main objective of this research was to systematize the methodology for the analysis and characterization of LSUs, supported by Geographic Information Systems and spatial analysis tools and based on a sample of 18 LSUs located in the Southern region. Detailed results are presented for a subset of six LSUs, whose analysis involved the following steps: i) characterization of biogeoclimatic aspects; ii) classification, through the adaptation of international landscape taxonomic systems; iii) characterization of landscape spatial structure (composition and configuration), using a set of indices generated by GuidosToolbox and Fragstats software. The standardized indices were grouped into different “families” related to landscape composition (LULC classes, spatial pattern morphology) and landscape configuration (forest landscape mosaic pattern, forest edge interfaces, forest landscape connectivity, fragmentation, structural connectors in riparian zones). Most of the surveyed landscapes were classified as matricial agriculture or matricial forest or matricial grassland, since these three classes predominated in the landscapes composition. As to spatial morphology, only one LSU presented a high percentage of core habitat (94.30%), while three other presented values ranging from 4% to 26% of their areas and two other close to 0%. The surroundings (0.5 ha) of the forests of three LSUs consists of a mosaic of predominantly natural areas; in another one, forests are embedded in agricultural contexts; and the two remaining LSUs do not present forest landscapes. Only one LSU presented predominance of natural border interfaces (90 to 99%). The highest connectivity indices were verified for LSUs where the agricultural and forestry coverages occur in similar proportions. Forest cover fragmentation indices presented relatively high values (above 61%) for five of the six analyzed LSUs. For all LSUs, the Structural Corridors under Pressure Protection Index presented low values (close to zero) for scenarios that assumed 5 and 30-meter-wide Permanent Preservation Areas along rivers. This means that, for the subset of six LSUs, the legal protection afforded to core habitat areas and their connections was sufficient and spatially adequate. The taxonomic system applied and the indices and maps generated reflected the general conditions of the analyzed landscapes, demonstrating that it is possible to characterize them according to their pattern and their fragmentation and connectivity processes. When applied at a national level, within the NFI-BR, the methodology will be the basis of a landscape monitoring system to support public policies related to habitat restoration and / or conservation, at several scales, in priority areas.

Key-words: Landscape indices, territorial classification, GuidosToolbox, Fragstats

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	NÍVEIS DE HIERARQUIA DOS FATORES FÍSICOS QUE RESULTAM NA FORMAÇÃO DA PAISAGEM.....	27
FIGURA 2.	ESQUEMA DA HIERARQUIA DOS PONTOS DE VISTA DA ECOLOGIA DE PAISAGEM.	29
FIGURA 3.	PRINCIPAIS CONCEITOS COMUNS ENTRE ECÓLOGOS E PLANEJADORES DA PAISAGEM.	30
FIGURA 4.	METODOLOGIA DE SELEÇÃO DAS AMOSTRAS ALEATÓRIAS DA COBERTURA DA TERRA NO MODELO COUNTRYSIDE SURVEY ...	34
FIGURA 5.	EXEMPLO DE MAPA E RESPECTIVAS LEGENDAS GERADOS PELO ALGORITMO DE INTERFACE DE BORDAS DO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.....	40
FIGURA 6.	EXEMPLO DE MAPA E RESPECTIVAS LEGENDAS RELATIVOS ÀS CLASSES DE IMPORTÂNCIA DOS CONECTORES GERADOS PELO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.....	41
FIGURA 7.	EXEMPLO DE MAPA E GRÁFICOS DO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX RELATIVOS AOS ÍNDICES DE FRAGMENTAÇÃO HIPSOMÉTRICOS.....	42
FIGURA 8.	LIMITES DOS ESTADOS ESTUDADOS (PR, SC E RS) E A DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS DE PAISAGEM (UAPS) PARA TODA A REGIÃO SUL.	50
FIGURA 9.	ESTRUTURA ESQUEMÁTICA DE UM CONGLOMERADO DO IFN-BR.....	51
FIGURA 10.	DISPOSIÇÃO DAS UAPS COM OS CONGLOMERADOS DE CAMPO NO CENTRO.	52
FIGURA 11.	BANDAS ESPECTRAIS DOS SENSORES DO SATÉLITE RAPIDEYE.....	58
FIGURA 12.	CURVA DE REFLECTÂNCIA DE DIFERENTES SUPERFÍCIES DE ACORDO COM AS BANDAS PRESENTES NOS SENSORES DO SATÉLITE RAPIDEYE.	58
FIGURA 13.	RECLASSIFICAÇÃO PARA FORMATO BINÁRIO (FOREGROUND E BACKGROUND) E AS SETE CATEGORIAS NA CLASSIFICAÇÃO DO FOREGROUND (FLORESTA) CONFORME ANÁLISE MSPA	

DISPONÍVEL NO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.	67
FIGURA 14. DESCRIÇÃO DAS SETE CLASSES ORIUNDAS DA ANÁLISE MSPA, SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.	68
FIGURA 15. ESQUEMA TRIPOLAR DE CLASSIFICAÇÃO COM AS 19 POSSIBILIDADES DE CLASSIFICAÇÃO.	70
FIGURA 16. TIPOLOGIAS DE VEGETAÇÃO NOS ESTADOS DO PR, SC E RS. ..	80
FIGURA 17. CLASSES DE ALTIMETRIA NOS ESTADOS DO PR, SC E RS.	81
FIGURA 18. DISPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DAS 18 UAPS SELECIONADAS NOS ESTADOS DO PR, SC E RS.	82
FIGURA 19. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1139: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	103
FIGURA 20. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1268: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	104
FIGURA 21. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1286: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	105
FIGURA 22. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1347: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	106
FIGURA 23. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1715: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	107

FIGURA 24. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1816: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	108
FIGURA 25. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0913: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	110
FIGURA 26. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0974: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	111
FIGURA 27. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1007: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	112
FIGURA 28. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1017: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	113
FIGURA 29. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1082: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	114
FIGURA 30. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1092: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA	

UAP.	115
FIGURA 31. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0029: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	117
FIGURA 32. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0045: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	118
FIGURA 33. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0158: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	119
FIGURA 34. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0300: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	120
FIGURA 35. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0364: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	121
FIGURA 36. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0837: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.	122
FIGURA 37. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029;	

(F) UAP 0158.	127
FIGURA 38. VALORES DAS CATEGORIAS GERADAS PELA ANÁLISE MSPA PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158. ...	131
FIGURA 39. MAPAS DOS ÍNDICES DE PADRÃO MORFOLÓGICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DAS SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158. ...	134
FIGURA 40. GRÁFICO COM AS PROPORÇÕES DAS CLASSES DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DAS TRÊS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816.	138
FIGURA 41. GRÁFICO COM AS PROPORÇÕES DAS CLASSES DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DAS TRÊS UAPS: (A) UAP 1007; (B) UAP 0029; (C) UAP 0158.	139
FIGURA 42. MAPAS DOS ÍNDICES DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.	141
FIGURA 43. GRÁFICO DO MODELO DE INTERFACE DE BORDAS PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.	144
FIGURA 44. MAPAS DOS ÍNDICES DE MODELO DE INTERFACE DE BORDAS PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158. ...	146
FIGURA 45. MAPAS DOS ÍNDICES DO MODELO DE CONECTIVIDADE DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.	148
FIGURA 46. GRÁFICOS GERADOS A PARTIR DA ANÁLISE DE FRAGMENTAÇÃO, PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158. ...	153
FIGURA 47. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE CORREDORES ESTRUTURAIS (ICEC) PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.	156
FIGURA 48. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE CORREDORES	

ESTRUTURAIS SOB PRESSÃO ANTRÓPICA (ICEAC) PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.	158
FIGURA 49. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE PROTEÇÃO EM CORREDORES ESTRUTURAIS SOB PRESSÃO ANTRÓPICA (ICEAP _c) PARA O SUBCONJUNTO DE	161
FIGURA 50. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE PROTEÇÃO EM CORREDORES ESTRUTURAIS SOB PRESSÃO ANTRÓPICA (ICEAP _c) PARA O SUBCONJUNTO DE	162
FIGURA 51. ÍNDICES DE CONFIGURAÇÃO E COMBINADOS. ÍNDICE DE DENSIDADE DE FRAGMENTOS (A); ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (B); ÍNDICE DE FORMA MÉDIA DO FRAGMENTO (C); CONECTIVIDADE (D); ÍNDICE “INTERSPERSION AND JUXTAPOSITION” (E) E ÍNDICE DE FRAGILIDADE DA PAISAGEM (F).....	164

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	ÍNDICES DE PAISAGEM UTILIZADOS NO MONITORAMENTO SISPARES, DA ESPANHA.....	38
TABELA 2.	MÉTRICAS DISPONÍVEIS NO SOFTWARE <i>FRAGSTATS</i>	43
TABELA 3.	ESPECIFICAÇÕES DO SATÉLITE <i>RAPIDEYE</i>	57
TABELA 4.	CODIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DAS UAPS.....	60
TABELA 5.	VALOR DA CODIFICAÇÃO E LEGENDA DOS ÍNDICES GERADOS .	72
TABELA 6.	MÉTRICAS UTILIZADAS NA GERAÇÃO DE ÍNDICES DE COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO NO SOFTWARE <i>FRAGSTATS</i> ..	77
TABELA 7.	TIPOLOGIA E ALTIMETRIA DAS UAPS-PILOTO NO ESTADO DO PARANÁ.....	82
TABELA 8.	TIPOLOGIA E ALTIMETRIA DAS UAPS-PILOTO NO ESTADO DE SANTA CATARINA.	83
TABELA 9.	TIPOLOGIA E ALTIMETRIA DAS UAPS-PILOTO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....	84
TABELA 10.	ÍNDICES GERADOS NO MODELO DE COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM PARA SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.....	128
TABELA 11.	ÍNDICES GERADOS DE RIQUEZA DO FRAGMENTO DA PAISAGEM PARA SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.....	129
TABELA 12.	ÍNDICES GERADOS NO MODELO DOS PADRÕES MORFOLÓGICOS DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS	136
TABELA 13.	ÍNDICES GERADOS NO MODELO DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS	140
TABELA 14.	ÍNDICES GERADOS NO MODELO DE INTERFACE DE BORDAS PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS	142
TABELA 15.	ÍNDICES GERADOS PELO MODELO DE CONECTIVIDADE DA PAISAGEM PARA O SUBCONUNTO DE SEIS UAPS.....	149
TABELA 16.	ÍNDICES GERADOS PELO MODELO DE FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.....	151

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
2.	OBJETIVOS	22
2.1.	OBJETIVO GERAL	22
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3.	REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1.	PAISAGEM: ESTADO DA ARTE	23
3.2.	CONCEITO DE PAISAGEM	25
3.3.	ECOLOGIA DE PAISAGEM	27
3.4.	MONITORAMENTO DA PAISAGEM	30
3.5.	FERRAMENTAS PARA O MONITORAMENTO DA PAISAGEM	35
3.5.1.	MÉTRICAS UTILIZADAS NO SOFTWARE GUIDOS TOOLBOX	39
3.5.2.	MÉTRICAS UTILIZADAS NO SOFTWARE FRAGSTATS	42
4.	MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	45
4.1.1.	CLIMA	45
4.1.2.	RELEVO E VEGETAÇÃO	46
4.1.3.	CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO	47
4.2.	MÉTODOS	48
4.2.1.	ESTRUTURAÇÃO DE SIG	49
4.2.2.	MAPAS DE REFERÊNCIA	50
4.2.2.1.	MAPA POLÍTICO	50
4.2.2.2.	GRID DO IFN-BR E LIMITES DAS UAPS	50
4.2.3.	MAPAS TEMÁTICOS	52
4.2.3.1.	MAPA ALTIMÉTRICO	52
4.2.3.2.	REDE HIDROGRÁFICA	54
4.2.3.3.	MAPA DE VEGETAÇÃO	54

4.2.4.	CLASSIFICAÇÃO TERRITORIAL E SELEÇÃO DE UAPS-PILOTO ..	55
4.2.5.	IMAGENS SATELITÁRIAS.....	57
4.2.6.	CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA	59
4.2.6.1.	REAMBULAÇÃO TEMÁTICA.....	61
4.2.6.2.	VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA TEMÁTICA.....	63
4.2.6.3.	REPROJEÇÃO E RECORTE DOS MAPAS DE USO E COBERTURA DA TERRA	63
4.2.7.	CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DAS PAISAGENS RURAIS.....	64
4.2.7.1.	CARACTERIZAÇÃO DAS UAPS-PILOTO	64
4.2.7.2.	TAXONOMIA DA PAISAGEM.....	64
4.2.7.3.	GERAÇÃO DE ÍNDICES DE COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM.....	66
4.2.7.3.1.	GUIDOS TOOLBOX.....	66
4.2.7.3.1.1.	ANÁLISE MORFOLÓGICA DE PADRÕES ESPACIAIS – MSPA.....	67
4.2.7.3.1.2.	MODELO DE MOSAICO DA PAISAGEM – LM.....	69
4.2.7.3.1.3.	MODELO DE INTERFACE DE BORDAS	71
4.2.7.3.1.4.	MODELO DE CONECTIVIDADE DA PAISAGEM	73
4.2.7.3.1.5.	FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM.....	74
4.2.7.3.1.6.	ANÁLISE DOS CORREDORES E CONECTORES ESTRUTURAIS NA PAISAGEM.....	74
4.2.7.3.1.	FRAGSTATS	76
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.1.	LOCALIZAÇÃO DAS UAPS SELECIONADAS	79
5.1.1.	PARANÁ.....	82
5.1.2.	SANTA CATARINA	83
5.1.3.	RIO GRANDE DO SUL	84
5.2.	CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS DE PAISAGEM	84

5.2.1.	PARANÁ.....	85
5.2.2.	SANTA CATARINA.....	90
5.2.3.	RIO GRANDE DO SUL	96
5.3.	TAXONOMIA DA PAISAGEM.....	101
5.3.1.	PARANÁ.....	103
5.3.2.	SANTA CATARINA.....	110
5.3.3.	RIO GRANDE DO SUL	117
5.4.	ÍNDICES DE PAISAGEM	123
5.4.1.	COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM	125
5.4.2.	CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM.....	129
5.4.2.1.	GUIDOS TOOLBOX.....	130
5.4.2.2.	FRAGSTATS	163
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	169
	REFERÊNCIAS	171

1. INTRODUÇÃO

Os inventários florestais nacionais são instrumentos importantes que fornecem informações periódicas sobre a situação dos recursos florestais e suas mudanças com o tempo no país. Esses dados fornecem as bases decisórias para a definição e a implementação de políticas florestais e aprimoramento da legislação florestal e ambiental, fundamentais para o desenvolvimento, conservação e uso sustentável dos recursos florestais.

No Brasil, o primeiro Inventário Florestal Nacional foi executado na década de 1980, porém com a finalidade apenas de quantificar o estoque de madeira de florestas naturais e plantadas, com intuito comercial. Na ocasião nem todos os estados do país aderiram ao levantamento, sendo, dessa forma, considerado um Inventário Florestal Nacional “incompleto”.

Mais tarde, em função da atuação dos movimentos ambientalistas e mudanças de diretrizes governamentais, houve uma mudança na forma como o componente florestal se encaixava dentro do contexto científico, passando a ser visto não apenas com interesse comercial, mas, também, com relevância ambiental, podendo fornecer outras informações e quantificações além do simples estoque e sortimento de madeira. Assim, muitos inventários florestais regionais foram surgindo – ainda tradicionais –, com diferentes finalidades e intuítos, seguindo metodologias distintas, de acordo com objetivos específicos. Gradativamente percebeu-se a necessidade de se elaborar uma estratégia visando a um inventário florestal único, seguindo uma mesma metodologia em todo o território nacional, que possibilitasse comparações, análises e a quantificação dos recursos florestais em todos os biomas brasileiros.

A atual falta de informações qualitativas e quantitativas sobre a totalidade das florestas presentes no Brasil, dificulta o atendimento às demandas nacionais e agendas internacionais, tais como Convenção sobre Mudanças do Clima, da Diversidade Biológica e a Avaliação Global dos Recursos Florestais. Com uma metodologia de inventário florestal nacional definida, o Brasil disporá de dados tratados e processados com o rigor científico e robustez necessários para fornecer informações atualizadas e confiáveis a diversas instâncias nacionais e internacionais.

Em 2005, o Ministério do Meio Ambiente – com base em discussões

realizadas com cerca de 90 especialistas na área de inventário – propôs a elaboração de um novo Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR), seguindo uma única metodologia. Além das formas convencionais de coleta de dados e medição de variáveis dendrométricas, o IFN-BR contaria, também, com uma componente geoespacial dedicada à obtenção de informações sobre as paisagens rurais associadas às parcelas de campo do inventário. Nesse contexto, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) estabeleceu com *Global Environment Facility* (GEF) o projeto GCP/BRA/079/GFF para apoiar a implementação do Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR). O IFN-BR é, portanto, coordenado pelo SFB e visa fundamentar a formulação e implementação de políticas públicas de desenvolvimento, uso e conservação dos recursos florestais, bem como a gestão desses recursos, através de informações suficientes, confiáveis e periodicamente atualizadas (ciclos de cinco anos), coletadas a campo (FREITAS et al., 2016).

Como todo inventário florestal, o IFN-BR necessita de mapas de vegetação contendo as classes das várias tipologias florestais que constituem os estratos para os quais são extrapolados os resultados da amostragem em campo. O mapeamento da vegetação brasileira foi elaborado pela primeira vez em 1975 de forma contínua pelo projeto Radambrasil. Décadas depois e com base em imagens Landsat 7 TM do ano de 2002, o mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal e uso da terra foi efetuado para cada bioma brasileiro por meio do projeto Probio do Ministério do Meio Ambiente, na escala 1:250.000, tendo sido o produto final entregue em 2006. Entretanto, cada vez mais o Brasil vem sendo pressionado pela comunidade científica e sociedade em geral a fornecer dados mais acurados e em escalas maiores que possam gerar estimativas mais precisas dos seus recursos florestais, principalmente naqueles biomas onde há maior pressão do desmatamento ou onde predominam fragmentos florestais menores do que a resolução de mapeamento destes projetos. Estudos em áreas de grandes dimensões, em escala de paisagem, por sua vez, também têm adquirido importância mundial, por permitirem a avaliação da dinâmica de uso e cobertura da terra (matriz de mudanças) e as interações entre padrões espaciais e processos ecológicos, envolvendo florestas e outros usos da terra, como a agricultura.

Assim, além do levantamento de dados em campo, realizado em pontos amostrais distantes 20 km entre si, nos chamados conglomerados, o IFN-BR conta, também, com o levantamento de informações de uso e cobertura da terra nas

Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs), estabelecidas a cada 40 km e ocupando uma área de 10 x10 km. O estudo se insere no contexto do IFN-BR para fornecer informações mais precisas sobre recursos florestais em escala de paisagem; nesse mosaico tanto os componentes naturais predominantes como antropogênicos contribuem para a qualidade final dos recursos florestais ali existentes. Tais informações podem ser obtidas por meio das UAPs, que representam uma fonte de dados intermediária entre o mapeamento e os dados de campo. O objetivo da Análise de Paisagens do IFN é produzir informações sobre a importância e qualidade dos recursos florestais em relação a outros usos da terra, em escala de paisagem, ressaltando suas funções, qualidade e pressões incidentes, de modo a subsidiar a formulação e de políticas públicas que sejam apropriadas à região e à sua escala de abordagem.

As UAPs constituem, indubitavelmente, o núcleo ideal para estudos a diferentes escalas espaciais ou temporais, considerando que fazem parte de uma rede distribuída sobre todo o território brasileiro, com limites fixos pré-definidos e para as quais o IFN-BR prevê um sistema de monitoramento periódico, à semelhança do aplicado aos conglomerados em campo. No entanto, para que seja possível estabelecer parâmetros de comparação entre elas, analisando a variabilidade territorial (estratos) e também os fatores determinantes de sua evolução ao longo do tempo, é necessário estabelecer um sistema de classificação de paisagens quanto à sua composição espacial. Embora existam inúmeras abordagens já testadas e aplicadas no Brasil, devido ao grande número de variáveis implicadas na conformação das paisagens, não se dispõe, ainda, de uma classificação que empregue um número razoável de categorias facilmente reconhecíveis e distinguíveis entre si e que seja independente da escala de trabalho (LIMA, 2006). As classificações habituais consideram características como a gênese, o uso e a cobertura da terra, os tipos de vegetação predominante ou uma combinação de relevo, vegetação, geologia, clima, etc.

É fundamental que o estudo da paisagem no âmbito do IFN-BR siga uma única metodologia, consistente na forma de coleta e avaliação dos dados, para que possa ser aplicado em todos os biomas brasileiros, gerando resultados com diferentes níveis de agregação e análise. A análise de paisagens rurais é um importante subsídio para planos de desenvolvimento rural, zoneamentos ecológicos e para a priorização de áreas no estabelecimento de corredores em paisagens

fragmentadas. Além da caracterização e avaliação da situação da paisagem em determinado momento do tempo, também é possível investigar a dinâmica de uso e cobertura da terra por meio da matriz de mudanças e interações entre padrões espaciais e processos ecológicos.

O projeto-piloto para desenvolvimento e teste da metodologia – coordenado pela Embrapa Florestas – envolve paisagens dos três estados do sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Os resultados dessa pesquisa representam a sistematização dos métodos empregados na análise do componente de paisagem do IFN-BR. Assim, os maiores impactos se relacionam à caracterização e análise dos componentes e configuração das paisagens rurais do sul do Brasil segundo uma metodologia e critérios únicos, possibilitando a estruturação futura de um sistema de monitoramento com periodicidade definida.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo geral aplicar e sistematizar uma sequência de procedimentos metodológicos para caracterizar e analisar as paisagens de um subconjunto da rede de Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs), estabelecida no âmbito do Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN – BR).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Caracterizar Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs-piloto) no sul do Brasil quanto a aspectos biogeoclimáticos (unidades territoriais);
- Aplicar sistemas taxonômicos internacionais de classificação de paisagens adaptados às condições presentes nas paisagens rurais brasileiras;
- Caracterizar Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs-piloto) no sul do Brasil quanto à sua estrutura espacial (composição e configuração) por meio de indicadores.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. PAISAGEM: ESTADO DA ARTE

O monitoramento de grandes áreas, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, é importante para entender as relações de interações entre os ambientes urbanos e rurais e subsidiar ações para gerenciar os recursos naturais de maneira sustentável (LU et al., 2004). Assim, o sensoriamento remoto assume um papel importante no monitoramento e na estimativa de diversos fenômenos da superfície terrestre, servindo de suporte para a tomada de decisões e análises relacionadas aos objetos em estudo (MOREIRA, 2007). O mapeamento da cobertura e do uso da terra é um exemplo clássico de aplicação de ferramentas de sensoriamento remoto para o monitoramento da dinâmica da paisagem.

O uso do solo e a cobertura da terra são conceitos pouco diferenciados no Brasil. Enquanto a cobertura da terra diz respeito ao que está na superfície terrestre como florestas naturais e áreas alagadas, o uso do solo – agricultura e outros tipos de terra e água – mostra como as pessoas usam a paisagem, seja para o desenvolvimento, a conservação ou usos mistos. Ambos os tipos de dados são frequentemente obtidos na análise de imagens de satélite ou aéreas (DI GREGORIO; JANSEN, 2000).

O conceito da cobertura da terra e uso do solo está intimamente relacionado à forma como a paisagem se altera, e de que maneira tais alterações se manifestam na esfera socioambiental. Daí advém a importância de uma correta percepção e avaliação da intensidade, tipo e direção das mudanças em determinadas regiões. Além de fornecer as informações necessárias para o reconhecimento da estrutura da paisagem e da organização espacial dos elementos que a compõem, bem como analisar as pressões socioeconômicas atuais, o mapeamento da cobertura da terra possibilita a compreensão do período em que essas mudanças ocorreram e torna viável a determinação de vetores e tendências de cada classe de cobertura da terra.

Seguindo o mesmo enfoque, a demanda de informações sobre a estruturação e o estudo da paisagem cresce devido ao aumento das taxas de mudança causada por diferentes agentes, notadamente por ações antrópicas. O estudo da paisagem traz novas abordagens e fomenta o planejamento, o incentivo e a implementação de políticas públicas que integrem a restauração florestal e

aspectos antrópicos de uso e cobertura da terra. Esse estudo pode, ainda, ser mencionado como análise da paisagem ou - conforme termo adotado por muitos autores -, ecologia da paisagem; mesmo havendo uma diferença grande entre análise e ecologia.

A ecologia de paisagem, segundo a escola europeia, se tornou uma ciência base para o planejamento do uso do solo, conservação e uso dos recursos florestais, dentre outros (SILVA ECOSYSTEM CONSULTANTS, 1992). Tendo como foco o planejamento territorial sustentável, pode-se dizer que a paisagem representa a escala ótima para tal objetivo por duas razões principais (LEITÃO et al., 2006): em primeiro lugar, sua extensão lhe permite conter vários ecossistemas diferentes com suficiente redundância em composição, estrutura e função para sustentar a variabilidade natural enquanto mantém os fluxos do ecossistema. Em segundo lugar, a paisagem é consistente com a escala de percepção humana, tomada de decisões e gestão física (FORMAN, 1995). No entanto, para este tipo de abordagem é necessário, antes, responder às seguintes perguntas: como são as paisagens rurais e, em especial, as paisagens florestais de uma determinada região ou bioma? Onde se encontram? Como e quando sofrem alterações?

A paisagem pode ser considerada uma unidade espacial, cuja heterogeneidade é modificada principalmente pela relação estabelecida entre sociedade e natureza, produzindo, assim, uma configuração marcada pela fragmentação ou conexão entre seus elementos. Portanto, conforme afirmam Turner et al. (1998), a estrutura da paisagem é resultado das complexas interações entre forças físicas, biológicas, políticas, econômicas e sociais, caracterizando uma estrutura fragmentada por usos distintos. Neste sentido, a análise da estrutura da paisagem é fundamental para designar sua configuração, que corresponde à estrutura espacial explícita do mosaico de suas unidades (LANG; BLASCHKE, 2009), subsidiando a compreensão dos impactos das alterações antrópicas em processos de origem natural. A detecção e a caracterização de como essas paisagens estão configuradas e compostas espacialmente pode ser efetuada por programas computacionais tais como o *Fragstats* (MCGARIGAL; MARKS, 1995) ou *GuidosToolbox* (VOGT, 2014), que, por meio de índices, apresentam indicadores sobre o grau de fragmentação, a conectividade entre áreas, a interface de bordas e o mosaico da paisagem, dentre outros aspectos.

3.2. CONCEITO DE PAISAGEM

O termo “paisagem”, expressão comum ao homem moderno, foi introduzido como conceito geográfico-científico no início do século XIX por Alexander Von Humboldt (1769-1859), considerado como o pioneiro da geografia física e geobotânica (NAVEH; LIEBERMAN, 1994). Para esses autores, Humboldt definiu paisagem como sendo “a totalidade das características de uma região da Terra”, sendo uma das preocupações conhecer as interrelações entre os componentes da paisagem (características físicas do meio ambiente e aspectos humanos).

Carl Troll definiu paisagem, em 1971, como “uma entidade espacial e visual total” do espaço, integrando todos os aspectos onde o ser humano habita, sendo eles geosfera, biosfera e antroposfera. Para Troll, a paisagem estava definida como um componente holístico que envolvia o todo, sendo este mais do que a soma das partes, devendo ser estudada em sua totalidade, com grandes benefícios se utilizada interpretação visual de fotografias aéreas (NAVEH; LIEBERMAN, 1994). No Brasil, o reconhecimento formal do termo “paisagem” remonta à década de 40 (GUIMARÃES, 1942), quando surgiram as primeiras tentativas de se estabelecer divisões regionais do território baseadas nas características da paisagem, descrevendo-as (CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 1962).

Existem, ainda, múltiplas definições para o termo paisagem (BOMBÍN; MAQUA, 2000), mas, em sua concepção ecológica, trata-se de um território heterogêneo composto por um grupo de ecossistemas que interagem e se repetem de forma similar por toda a sua superfície (FORMAN; GODRON, 1986). Para esses autores, a paisagem é definida de acordo com três características principais, sendo elas a estrutura, sua função e suas alterações. A estrutura está baseada na relação espacial dos componentes presentes na paisagem; a função envolve a interação destes componentes espaciais e por fim, as alterações são aquelas mudanças que ocorrem em um determinado período na estrutura e na função daquela paisagem. A paisagem, ainda, possui forte ligação com questões socioambientais, uma vez que faz parte da cultura de uma sociedade, sendo extremamente importante o entendimento de sua dimensão humana (SCHAMA, 1996).

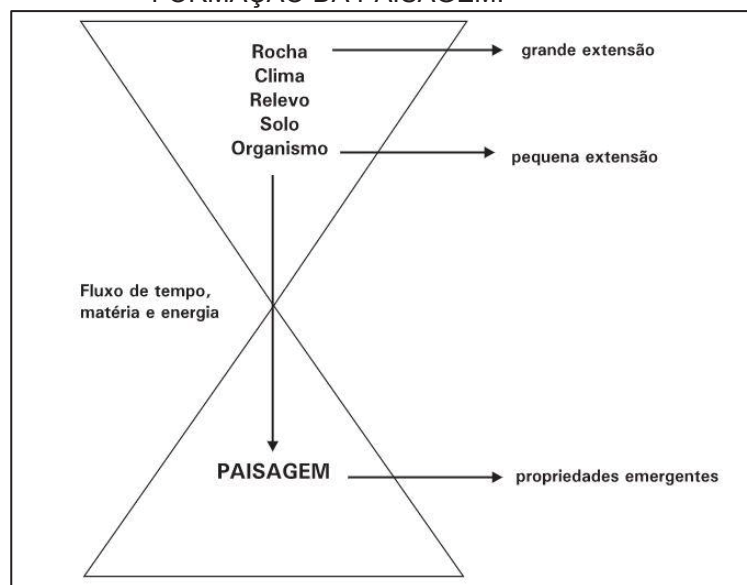
Para Metzger (2001), a paisagem pode ser dividida em duas abordagens principais, sendo elas a abordagem “geográfica” e a abordagem “ecológica”. Para o autor, a abordagem “geográfica” se baseia em três pontos importantes: o

planejamento da ocupação territorial, o estudo das paisagens modificadas pelo homem e a análise de áreas espaciais no foco de uma macro-escala. Essa macro-escala que se diferencia, segundo o autor, da outra abordagem, “ecológica”, que enfatiza mais unidades naturais de paisagem, conceitos de ecologia da paisagem para conservação e manejo dos recursos naturais. Ainda seguindo nesta linha, Gómez-Sanz, Bunce e Elena-Rosselló (2014) defendem que a paisagem deve ser entendida como entidades dinâmicas e dependentes do tempo, e não apenas associações estáticas bióticas e abióticas.

Do ponto de vista etimológico, Martins et al. (2004) descrevem *paisagem* - no inglês, *landscape* e *Landschaft* em alemão, com significados parecidos ao termo em português, variando em relação ao sufixo nominal. A origem está relacionada nas palavras *lantscaf* ou *lantschaft*, aparecendo nos textos como tradução de *regio* [lat. ‘região’, ‘território’]. Ainda de acordo com estes autores, a paisagem pode ser definida como uma descrição das características estáticas e dinâmicas de um lugar e/ou região específica, tendo como foco seus aspectos naturais e culturais. Assim, a paisagem está baseada em três pontos principais sob o ponto de vista das inter-relações espaciais e temporais: i) a compreensão integrada da realidade; ii) a relação da estrutura e da dinâmica e processos por meio dos elementos presentes na região e escala, dependendo do nível de observação e; iii) a definição dos aspectos genéticos e de evolução dentro da história. Na Figura 1, os mesmos autores demonstram como se inter-relacionam os diferentes níveis de hierarquia dos fatores físicos que resultam na formação da paisagem. A composição ou definição da estrutura de uma paisagem segue um comportamento específico de acordo com os fatores físicos existentes, mostrando que a união de diversos componentes, desde a rocha-base de formação até a escala de organismos, por exemplo, interagindo por determinado tempo e sofrendo mudanças no ambiente, acabam por conformar uma paisagem específica. Tem-se, em primeiro lugar, os movimentos das placas tectônicas que dão origem à estrutura dos continentes, caracterizando o clima e o comportamento da região. Posteriormente, considera-se a litoestrutura que, combinada com o clima extraído do primeiro item, resulta no relevo. Com este resultado, agregando-se informação relativa aos organismos, são derivados os tipos de solo. Todos estes fatores físicos estão inter-relacionados com o tempo que, de acordo com ciclos destes fatores, interliga suas características, resultando na paisagem. Segundo os mesmos autores, uma unidade homogênea de paisagem

abrange outras unidades homogêneas do nível abaixo de sua hierarquia (FIGURA 1).

FIGURA 1. NÍVEIS DE HIERARQUIA DOS FATORES FÍSICOS QUE RESULTAM NA FORMAÇÃO DA PAISAGEM.



FONTE: Adaptado de MARTINS et al. (2004).

Em relação aos conceitos tradicionais de paisagem, Metzger (2001) propõe uma noção integradora de paisagem, que tem o intuito de desfazer preconceitos gerados nestas definições. Para o autor, a ecologia de paisagem não se resume a uma ecologia de macro-escala, devendo, sim, ter o foco do observador, sendo micro ou macro-escala, de acordo com o objetivo principal a ser estudado. Ainda segundo ele, quando o foco são as micro-escalas, tem-se a vantagem de criar micro-experiências com diferentes replicações e controle, podendo-se, então, definir a ecologia de paisagens como uma “*ecologia de interações espaciais entre as unidades de paisagem*”, segundo Metzger (2001).

3.3. ECOLOGIA DE PAISAGEM

De acordo com Nucci (2007), a Ecologia de Paisagens surgiu no século XX, com início na Europa Central e Ocidental, sendo Alemanha e Holanda os primeiros países com maior desenvolvimento em pesquisas nesse assunto. O objetivo da nova disciplina era integrar estudos que envolvessem o ser humano, a sociedade e o meio físico. Ainda, segundo o mesmo autor, a formalização da Ecologia de

Paisagens como ciência ocorreu na década de 30, preconizada por Carl Troll, já citado anteriormente.

De acordo com Forman e Godron (1986), a ecologia de paisagem é o estudo da estrutura, função e mudanças em um espaço de área heterogênea que contém interação de ecossistemas. A abordagem norte-americana em ecologia da paisagem, cujas pesquisas baseiam-se nos conceitos elaborados por Forman e Godron (1986), entendem a Ecologia da Paisagem como o estudo de áreas espacialmente heterogêneas em escalas que variam de dez a centenas de quilômetros, compostas de agrupamentos de sistemas que contêm manchas e corredores de diferentes tamanhos, número, tipos, configurações e funções.

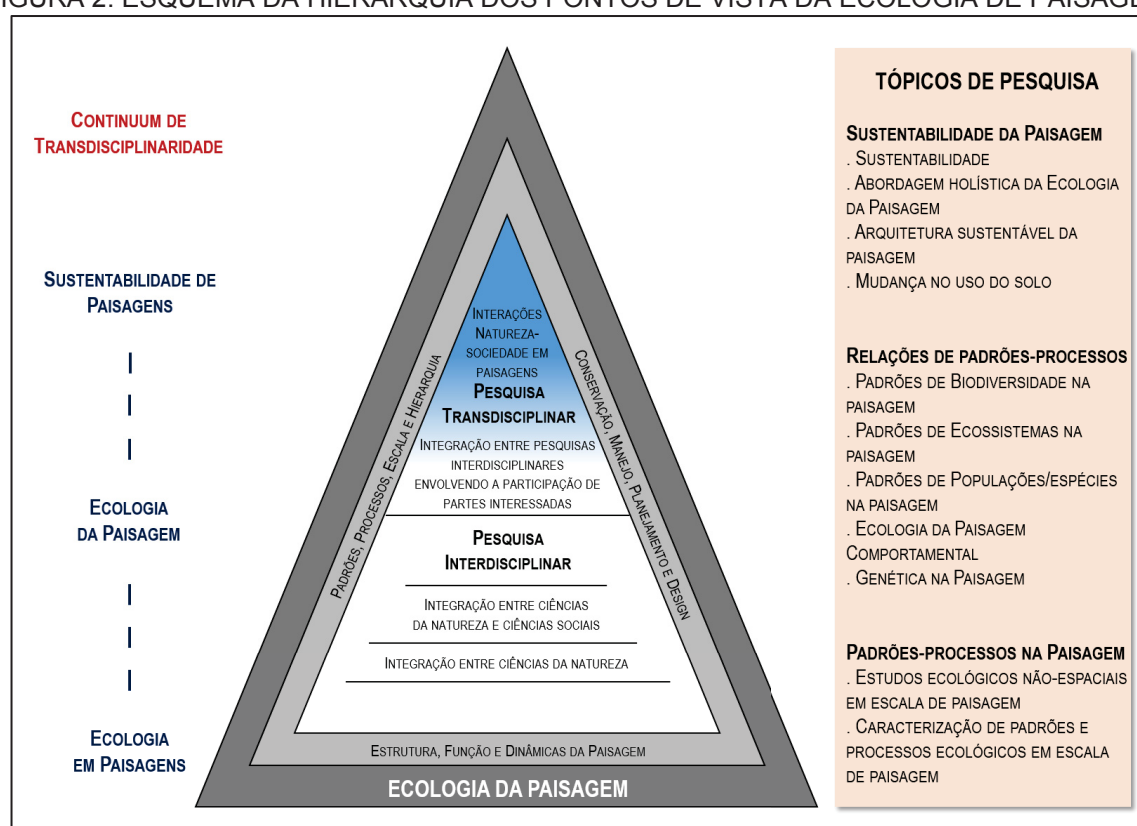
Forman (1995) define a paisagem como um mosaico onde a mistura de ecossistemas locais ou usos da terra são repetidos de forma similar em uma área ampla. Esta abordagem enfatiza a heterogeneidade espacial e efeitos ecológicos do padrão espacial de ecossistemas em grandes áreas de mosaicos de paisagens. Comparada com a abordagem europeia, que é mais voltada para o planejamento do uso da terra e processos de tomada de decisão (TURNER; GARDNER, 1991), a abordagem norte-americana enfatiza os processos ecológicos.

Segundo Gómez-Sanz, Bunce e Elena-Rosselló (2014), a ecologia de paisagem pode oferecer diferentes ferramentas para a avaliação e caracterização dos padrões espaço-temporais das paisagens, e isso pode acontecer por meio de indicadores e modelos; os indicadores são descrições qualitativas ou medidas quantitativas que podem fornecer informações para avaliação da estrutura, função ou a composição de um sistema. Esses indicadores de paisagem podem ser divididos em três níveis, sendo eles os dados estatísticos da área de diferentes usos e cobertura da terra, as tendências dos usos e cobertura da terra relacionados aos padrões da paisagem e, por fim, os elementos da paisagem definidos de acordo com o objetivo do observador, de acordo com o Escritório de Estatística da Comunidade Europeia (EIDEN; KAYADJANIAN; VIDAL, 2000a).

De acordo com Wu (2013), a ecologia de paisagem é uma ciência que tem como objetivo o estudo da relação entre os padrões espaciais e os processos ecológicos por meio de suas escalas. Assim, o intuito de se estudar esta disciplina não é apenas entender a relação entre esses envolvidos, mas também exercer influência sobre esta relação de forma a promover a sustentabilidade dessas paisagens (WU, 2006; WU, 2010). Para exemplificar tal objetivo, o autor propôs um

diagrama (FIGURA 2) pluralístico e hierárquico que facilita a interação sinérgica entre as perspectivas do biofísico e padrão dos processos com o holístico e humanístico que envolve o entendimento da paisagem. A questão que envolve o hierárquico se refere aos diversos degraus da interdisciplinaridade, a organização dos níveis e o grande número de escalas temporais dos estudos de ecologia de paisagem; já o pluralístico envolve a necessidade e a importância de reconhecer e avaliar as perspectivas diferentes e os métodos na ecologia da paisagem, de acordo com suas diversas origens e objetivos (WU, 2013).

FIGURA 2. ESQUEMA DA HIERARQUIA DOS PONTOS DE VISTA DA ECOLOGIA DE PAISAGEM.



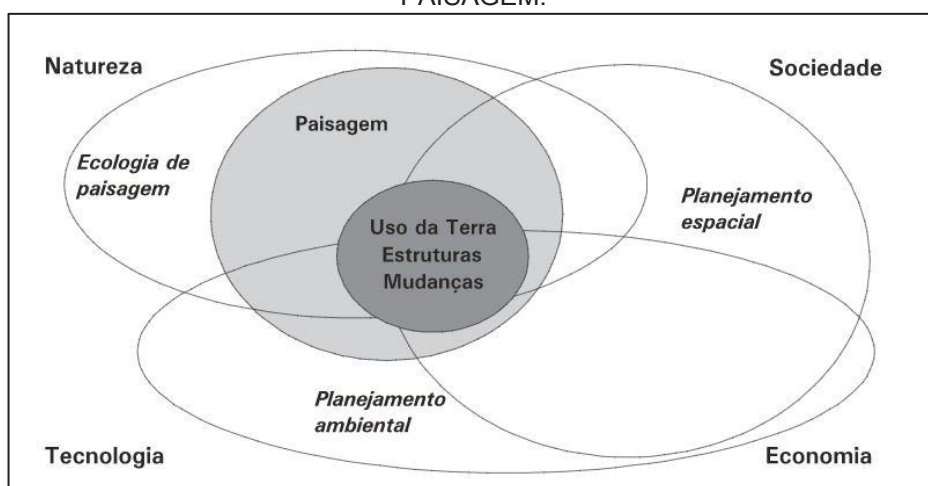
FONTE: Adaptado de WU (2013).

Segundo Metzger (2001), as definições de ecologia da paisagem acabam se dividindo em dois diferentes focos de interesse, podendo ser uma *ecologia humana de paisagem*, onde o foco é a interação da sociedade com a natureza, de como é a interação do homem com seu ambiente; e a ecologia espacial de paisagens, onde o interesse é o entendimento do padrão espacial das paisagens, analisando como a heterogeneidade se expressa espacialmente.

Com a união dos estudos de paisagem e ecologia de paisagem, inseridos dentro dos diferentes aspectos tais como sociedade, natureza, tecnologia e

economia, é possível, dentro do esquema (FIGURA 3) apresentado por Antrop (2001), ver a inserção destes conceitos e como estão distribuídos e envolvidos uns com os outros. Atualmente a ecologia de paisagem no Brasil está voltada à busca de estratégias para a conservação da biodiversidade e ao estudo das relações entre padrões espaciais e processos ecológicos (TAMBOSI et al., 2014; LIRA et al., 2012; METZGER et al., 2007).

FIGURA 3. PRINCIPAIS CONCEITOS COMUNS ENTRE ECÓLOGOS E PLANEJADORES DA PAISAGEM.



FONTE: Adaptado de ANTROP (2001).

3.4. MONITORAMENTO DA PAISAGEM

A maioria das paisagens é influenciada pela ação do homem e o mosaico de paisagens resultante é uma mistura de elementos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e arranjo (TURNER, 1989), de modo que medidas usadas para descrever os padrões de paisagem podem ser aplicadas na análise de sua estrutura. Nesse contexto, Turner (1989) relaciona uma série de medidas utilizadas para quantificar os padrões de paisagem e ressalta o potencial dos dados de sensoriamento remoto na análise da estrutura da paisagem, a partir das medidas de padrões espaciais.

Com relação à fragmentação da paisagem, pode-se destacar que este tem sido um dos aspectos mais marcantes da alteração ambiental causada pelo homem, sendo caracterizada pela ruptura da conectividade dos ambientes naturais (SAUNDERS; HOBBS; MARGULES, 1991; METZGER, 2003). De maneira geral, a análise da fragmentação da paisagem é efetuada por meio de mapeamentos de

cobertura da terra, onde é possível identificar diferentes manchas e determinar o seu grau de fragmentação ou conectividade (CALEGARI et al., 2010). Para saber claramente como a paisagem está respondendo a diversos fatores que interagem entre os fragmentos, é preciso conhecer e avaliar parâmetros relevantes dentro do mosaico da paisagem.

Pelo mundo todo, as paisagens são monitoradas e analisadas de diversas formas, podendo-se quantificá-las e qualificá-las de acordo com os objetivos da análise ou com a forma com que o monitoramento é realizado. Esses monitoramentos e avaliações feitos na paisagem são importantes ferramentas básicas para uma análise das causas e consequências da dinâmica da paisagem de acordo com o tempo, podendo fornecer um melhor entendimento do funcionamento do uso da terra, bem como ajudar no planejamento e desenvolvimento de políticas públicas nestas áreas (GÓMEZ-SANZ; BUNCE; ELENA-ROSSELLÓ, 2014).

Ainda de acordo com Gómez-Sanz; Bunce e Elena-Rosselló (2014), para obter sucesso nos monitoramentos, hipóteses devem ser definidas de acordo com a escala espacial mais adequada ou, ainda, de acordo com as escalas e os conteúdos de interesse, tal como uso e cobertura da terra, e devem também ser multifuncionais levando em consideração os conceitos ecológicos de paisagem. Esses mesmos autores citam, ainda, o *British Countryside Survey* (HOWARD; PETIT; BUNCE, 2003) e o *American State of the Nation Ecosystems* (HEINZ, 2008), como monitoramentos que seguem tal tipo de abordagem. Os modelos de monitoramento que já foram testados e que podem ser adaptados a diferentes paisagens, descritos de forma mais detalhada, são o “*Sispaes*”, da Espanha e o “*Country Side Survey*”, do Reino Unido.

Segundo Gómez-Sanz, Bunce e Elena-Rosselló (2014), a maioria dos monitoramentos segue uma clássica solução para obter informações suficientes de todo o território estudado: amostras estratificadas com abrangência equilibrada da questão a ser estudada na paisagem, onde os estratos têm como base os fatores biogeoclimáticos, tais como tipos de vegetação, topografia e diferentes tipos de uso do solo. O método de monitoramento *Sispaes* (Sistema de Monitoramento de Paisagens Rurais Espanholas) surgiu em 1993 e tem como objetivo a classificação, caracterização dos padrões e dinâmica das paisagens rurais localizadas na Espanha, registrando como esta paisagem estava configurada e composta no passado e também como pode se comportar no futuro (GONZÁLEZ-ÁVILA; ELENA-

ROSSELLÓ, 2009). Ao longo do tempo foram incorporadas novas análises e funções, disponíveis *online* (www.sispares.com), com resultados de monitoramento em quatro diferentes datas (1956, 1984, 1998 e 2008), ao longo de um horizonte de 52 anos. De acordo com González-Ávila e Elena-Rosselló (2009), o *Sispares* está caracterizado por uma rede amostral, sistematicamente distribuída por todo o território espanhol, denominada “Rede de Paisagens Rurais Espanholas” – REDPARES, composta por 215 amostras territoriais de 4 x 4 km de dimensão que se encontram nas regiões da Península, Baleares e Canárias.

No SISPARES, a partir da camada de uso de cada amostra, foram calculados diferentes índices de paisagem empregando o software *Fragstats*, que permitiram quantificar a composição e a configuração de cada amostra de paisagem em cada data de referência. Na análise dinâmica para cada período se obteve uma camada de mudanças sobrepondo-se as camadas de tipo de uso e cobertura correspondentes e agrupando as alterações em processos evolutivos. Tais amostras foram escolhidas tendo como base a classificação territorial biogeoclimática da Espanha denominada CLATERES, adequada a territórios entre 100 mil a 1 milhão de quilômetros quadrados (ELENA-ROSSELLÓ; AYUSO, 1996) baseada nos trabalhos desenvolvidos na Grã-Bretanha (BUNCE et al., 2002). A taxonomia das paisagens foi estabelecida com base em quatro níveis de presença superficial dos principais tipos de uso e cobertura (TUCs): matricial (>50%), essencial (25-50%), marginal (5-25%) e residual (<5%).

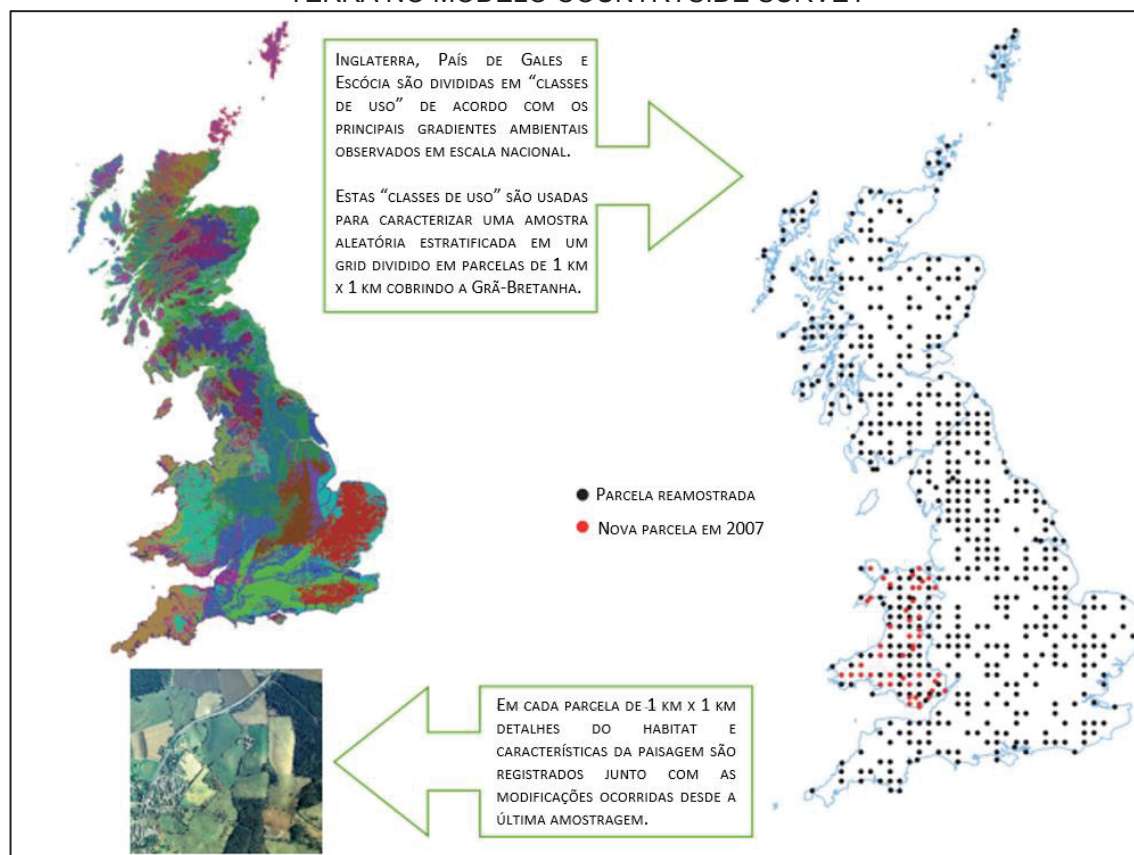
A metodologia utilizada no monitoramento SISPARES se aplicou com bons resultados para as paisagens rurais na Califórnia, E.U.A. (ELENA-ROSSELLÓ et al., 2013), sendo, então, passível de adaptação e aplicação para as paisagens rurais do Brasil, como vem sendo feito no Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR). A adaptação feita no Brasil leva em conta a grande extensão do território e a presença de diferentes biomas, cujas particularidades e características específicas requerem, também, abordagens diferenciadas. De acordo com Gómez-Sanz; Bunce e Elena-Rosselló (2014), entender a escala espacial do programa de monitoramento é extremamente importante por estar relacionado com os limites de orçamento, e isso se encaixa por exemplo, no caso do Brasil, China, Austrália, que possuem grande extensão territorial. Nesse caso recomenda-se como melhor forma de monitoramento a amostragem aleatória estratificada, que apresenta boa relação custo-benefício e permite levantamentos para verificar a verdade de campo, caso

seja necessário.

O *Countryside Survey*, do Reino Unido, difere do SISPARES na forma como é realizada a caracterização das paisagens. Na coleta de dados, o método empregado pelo *Countryside Survey* foi dividido em duas partes, sendo a primeira concentrada em uma pesquisa de campo com dados mais detalhados tais como habitats, vegetação, solo e água; na segunda etapa, foi elaborado um mapa de cobertura da terra com imagens de satélite (NERC, 2008).

Ainda de acordo com o relatório do *Natural Environment Research Council* - (NERC, 2008), a etapa da pesquisa de campo se caracteriza por uma cobertura de 591 amostras de dimensões 1 x 1 km, concentradas na Inglaterra, Escócia e País de Gales, em áreas representativas das variações do clima e geologia dos três países. Como suporte, são incluídos, quando necessários, dados de uma outra pesquisa na Irlanda do Norte, de amostras de 0,5 km x 0,5 km, integrando todos os resultados em um relatório do mapeamento. Essas amostras de tamanho 1 x 1 km, são selecionadas aleatoriamente por meio de um *grid* sistemático que contém as classes de cobertura da terra (FIGURA 4). Das 591 amostras estudadas em 2007, 289 estavam localizadas na Inglaterra, 107 no País de Gales e 195 na Escócia, sendo essas, quando possível, as mesmas que foram estudadas e visitadas nos anos de 1978, 1984, 1990 e 1998.

FIGURA 4. METODOLOGIA DE SELEÇÃO DAS AMOSTRAS ALEATÓRIAS DA COBERTURA DA TERRA NO MODELO COUNTRYSIDE SURVEY



FONTE: Adaptado de NERC (2008).

Outro sistema de monitoramento de paisagem implementado com sucesso é o Inventário Nacional de Paisagem da Suécia (*National Inventory of Landscape in Sweden – NILS*), cujo objetivo é obter dados em nível nacional para análise da paisagem das condições de biodiversidade e as mudanças ambientais que ocorrem no uso e cobertura da terra (STÅHL et al., 2011). Existe, também, uma classificação da paisagem na Europa (*European Landscape Map – LANMAP*), executada com o intuito de fornecer uma ferramenta de comunicação fácil entre parceiros com interesse nas paisagens europeias e aqueles associados a políticas públicas (MÜCHER et al., 2010). Ainda de acordo com os autores, essa classificação das paisagens europeias pode viabilizar relatórios de indicadores e avaliações ambientais, fornecendo dados amostrais para monitoramento. Ainda na Europa podem ser citados diferentes projetos de análise de estratificações e tipologias europeias com objetivos e escalas diversos, sendo, além do LANMAP, o EnS - *Environmental Stratification*, SRRF - *Spatial Regional Reference Framework*, SEAMzones - *Agri-Environmental Zonation*, e FARO-EU - *Foresight Analysis for*

Rural Areas Of Europe Rural Typology, todos com o intuito de facilitar as classificações das paisagens, descobrindo as limitações e desafios, e obtendo a melhor forma para descrever o conjunto de dados para uma avaliação ambiental europeia (HAZEU et al., 2011).

A análise da paisagem, tanto efetuada com base em amostras no terreno ou com base em um sistema de informações geográficas e imagens de satélite, deveria ser planejada de forma a refletir diferentes momentos no tempo. Se realizada de forma periódica, possibilita comparações em diferentes datas e detecção de mudanças eventuais, identificando fragmentos e áreas que sofrem um maior impacto por ação do homem ou do próprio ambiente. Também devem ser levados em conta aspectos socioambientais presentes na paisagem estudada, pois auxiliam na compreensão da natureza e intensidade de mudanças ocorridas ao longo do tempo. O conjunto de resultados gerados por esse tipo de análises integradas pode ser utilizado na implementação de políticas públicas e no suporte à tomada de decisão para fiscalização de áreas a receber maior enfoque de conservação devido aos usos em seu entorno. Tais ações visam evitar taxas crescentes de fragmentação e, mesmo, a completa extinção dessas áreas. De acordo com Kupfer (2012), para um melhor desenvolvimento na área de análise de paisagens, seriam necessários aplicativos mais acessíveis e de mais fácil utilização, com o intuito de facilitar as análises gráficas e também a visualização de resultados.

A demanda por dados científicos em escala global para responder aos problemas ambientais é grande, porém a maior parte dos dados é obtida em escala regional, existindo uma carência de dados nesta escala maior e urgência para obtenção destas respostas (METZGER, 2001). Ainda de acordo com Metzger (2001), para resolver esta demanda, seria necessário encontrar formas viáveis para transpor resultados de escalas locais para escalas globais, gerando, então, um grande desafio dentro da ecologia de paisagens: a transposição de relações entre padrões e processos de uma escala para outra.

3.5. FERRAMENTAS PARA O MONITORAMENTO DA PAISAGEM

A análise de paisagens envolve a execução de medições da estrutura da paisagem para poder quantificar e especificar os efeitos dos processos ecológicos (O'NEILL et al., 1997). Normalmente é realizada por meio de indicadores conhecidos

como métricas da paisagem, que possibilitam a quantificação de sua composição e configuração e têm sido empregadas para caracterizações quantitativas, pois permitem a comparação entre paisagens, a identificação das principais diferenças e a determinação das relações entre os processos funcionais e padrões das paisagens (TURNER; GARDNER, 1991). Segundo McGarigal e Marks (1995), a composição refere-se às feições associadas à presença ou à ausência dos elementos na paisagem, enquanto que a configuração está relacionada à distribuição física desses elementos na paisagem.

As métricas de paisagem, de acordo com Kupfer (2012), são índices quantitativos que descrevem os aspectos espaciais e de como estão compostas as paisagens, tendo como base imagens de satélite e informações de um sistema de informações geográficas. Os elementos da paisagem, ou seja, sua composição, são caracterizados por manchas e os padrões da paisagem podem ser descritos usando métricas que quantificam o tamanho, o formato e o isolamento dessas composições (KUPFER, 2012).

As métricas empregadas para a análise da paisagem devem, necessariamente, resultar em indicadores a respeito da área *core* e de borda de florestas, bem como prover informações sobre conectividade entre fragmentos. Além disso, é fundamental acessar o contexto da vizinhança da floresta e suas interfaces, o que influencia a estabilidade temporal das áreas *core*. Esses indicadores podem ser obtidos por meio do uso de ferramentas de análise de morfologia de padrão espacial (MPSA, em inglês “*Morphological Spatial Pattern Analysis*”), bem como de cálculo de métricas tradicionais em análise de paisagem (p.e., programa *Fragstats*), podendo-se investigar qual a melhor abordagem para caracterizar a paisagem. Além disso, essas mesmas abordagens e índices também podem ser investigados no sentido de captar as alterações na paisagem ao longo de um ciclo de monitoramento. Índices de paisagem também podem ser empregados em outras áreas como avaliação da conectividade hidrológica das paisagens (GOERL et al., 2011).

Existem diversas ferramentas para avaliar a composição e configuração dos elementos que compõem uma determinada paisagem como, por exemplo, programas computacionais, tais como o já citado *Fragstats* e o *GuidosToolbox*. O *Fragstats* é um software que oferece compreensão das métricas de paisagem, realizando as análises de maneira semiautomática, sendo necessário apenas um

treino técnico para que seja possível a inserção dos dados e interpretação dos índices gerados (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

De acordo com Volotão (1998), o uso desse software é relativamente fácil, porém, a interpretação de todos os resultados e métricas geradas é uma tarefa mais complexa, já que são implementadas em linguagem computacional. O *Fragstats* possibilita a avaliação quantitativa da fragmentação da paisagem, fornecendo valores da extensão da área e de como este fragmento está distribuído espacialmente. As métricas geradas são relativas à área, densidade de fragmentos, borda, área central, diversidade, intercalação e vizinho mais próximo, dentre outras (VOLOTÃO, 1998).

Em estudos realizados por Ferraz e Vettorazzi (2003), para avaliar a área e estrutura da paisagem, os índices utilizados foram AREA (*"Patch Area"*), avaliando a área em hectares e qual a porcentagem da área total do local; NP (*"Number of Patches"*), para número de fragmentos; PD (*"Patch Density"*), para densidade, em número de fragmentos/100 ha; LPI (*"Largest Patch Index"*), para conhecer o índice do maior fragmento, em porcentagem em relação à área total; CA (*"Total (Class) Area"*), área nuclear; e ENN_MN (*"Euclidean Nearest-Neighbor Distance – Mean"*), correspondendo ao valor da distância média do fragmento mais próximo dado em metros. Hessburg et al. (2000), com o intuito de caracterizar subbacias e quantificar a estrutura das paisagens em que estavam inseridas, utilizaram os índices de área, densidade dos fragmentos, tamanho médio dos fragmentos, índice médio de bordas, índices de diversidade de Shannon e Simpson e, por fim, índice de contágio. Valente (2001), utilizou como base esses índices citados pelos autores Hessburg et al. (2000), e os grupos de métricas que se mostraram eficientes foram os de área, densidade tamanho e variabilidade métrica, forma, área nuclear, proximidade, e dispersão e justaposição.

No sistema de monitoramento da Espanha, SISPARES, por meio da camada de uso de cada amostra, foram calculados diferentes índices de paisagem (TABELA 1) com o uso do *Fragstats*, quantificando a composição e a configuração de cada área estudada em determinado período.

TABELA 1. ÍNDICES DE PAISAGEM UTILIZADOS NO MONITORAMENTO SISPAIRES, DA ESPANHA.

Tipo de índice	Aspecto avaliado	Índice calculado
COMPOSIÇÃO	Riqueza da paisagem	NC
	Diversidade de TUC	SHDI de TUC
	Silvicultura	% B
	Agricultura	% C
	Agroflorestal	% D
	Recuperação Florestal	% R
	Pastagem	% P
	Gramíneas	% M
	Urbano	% U
CONFIGURAÇÃO	Fragmentação	PD
	Mosaico	% X
	Diversidade do fragmento	SHPI
	Complexidade do fragmento	MSI
	Conectividade	% (B+R+D+M+G)
	Acessibilidade	DC
COMBINADOS	Intercalação e Justaposição	IJI
	Fragilidade	IFP
	Vulnerabilidade	IVP

NC = Índice de Riqueza da Paisaje; SHDI de TUC = Índice de Diversidade dos tipos de uso e cobertura da paisagem; B = Florestas; C = Agricultura; D = Sistemas agroflorestais; R = Recuperação florestal; P = Pastagem; M = Gramíneas; U = Urbano; PD = Índice de Fragmentação da paisagem; X = Índice de Mosaico da paisagem; SHPI = Índice de Diversidade dos tamanhos de fragmentos nas paisagens; MSI = Índice de Complexidade da paisagem; DC = Índice de Acessibilidade da paisagem; IJI = Índice de Intercalação e Justaposição da paisagem; IFP = Índice de Fragilidade da paisagem; IVP = Índice de Vulnerabilidade da paisagem.

FONTE: Adaptado do Projeto SISPAIRES (Sigparesweb)

Outra ferramenta utilizada para análise da conectividade estrutural dos fragmentos presentes dentro de uma área em que são analisadas as paisagens é a técnica da morfologia de padrões espaciais, denominada MSPA (VOGT et al., 2007; SAURA et al., 2011) e de índices de conectividade desenvolvidos com base no conceito de acessibilidade à escala de paisagem, tais como o índice integral de conectividade e a probabilidade de conectividade (PASCUAL-HORTAL; SAURA, 2006; SAURA; PASCUAL-HORTAL, 2007; SAURA; RUBIO, 2010). Esses dois últimos permitem avaliar a contribuição de cada nó (fragmento) e conector (corredor) para a manutenção da conectividade da rede, quantificando o impacto de sua remoção (SAURA et al., 2011).

3.5.1. MÉTRICAS UTILIZADAS NO SOFTWARE *GUIDOSTOOLBOX*

A técnica MSPA está inserida no aplicativo *GuidosToolbox* (*Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes*), ferramenta inovadora que usa operadores morfológicos como erosão, dilatação e esqueletização para a segmentação de imagens. As operações morfológicas são transformações que resultam na alteração da forma da imagem, aplicando-se um operador sobre a imagem original conhecido como elemento estruturante. De acordo com Gonzalez e Woods (2007), a erosão basicamente “encolhe” uma imagem e pode ser vista como uma transformação morfológica que combina dois conjuntos usando vetores de subtração. A dilatação é uma transformação morfológica que combina dois conjuntos usando adição vetorial.

A esqueletização, ou afinamento, pode ser vista como uma erosão condicional onde um objeto é erodido até atingir o menor tamanho possível ou a condição imposta para a esqueletização (JONKER, 2002). Um método básico para esqueletização (em inglês, *skeletons*) é o afinamento (em inglês, *thinning*) que consiste em remover todos os pixels do contorno do objeto exceto aqueles ao longo do esqueleto. É um processo de redução do objeto original para uma versão simplificada, que ainda retém suas características essenciais. A versão afinada do objeto original é chamada de esqueleto (GONZALEZ; WOODS, 2007).

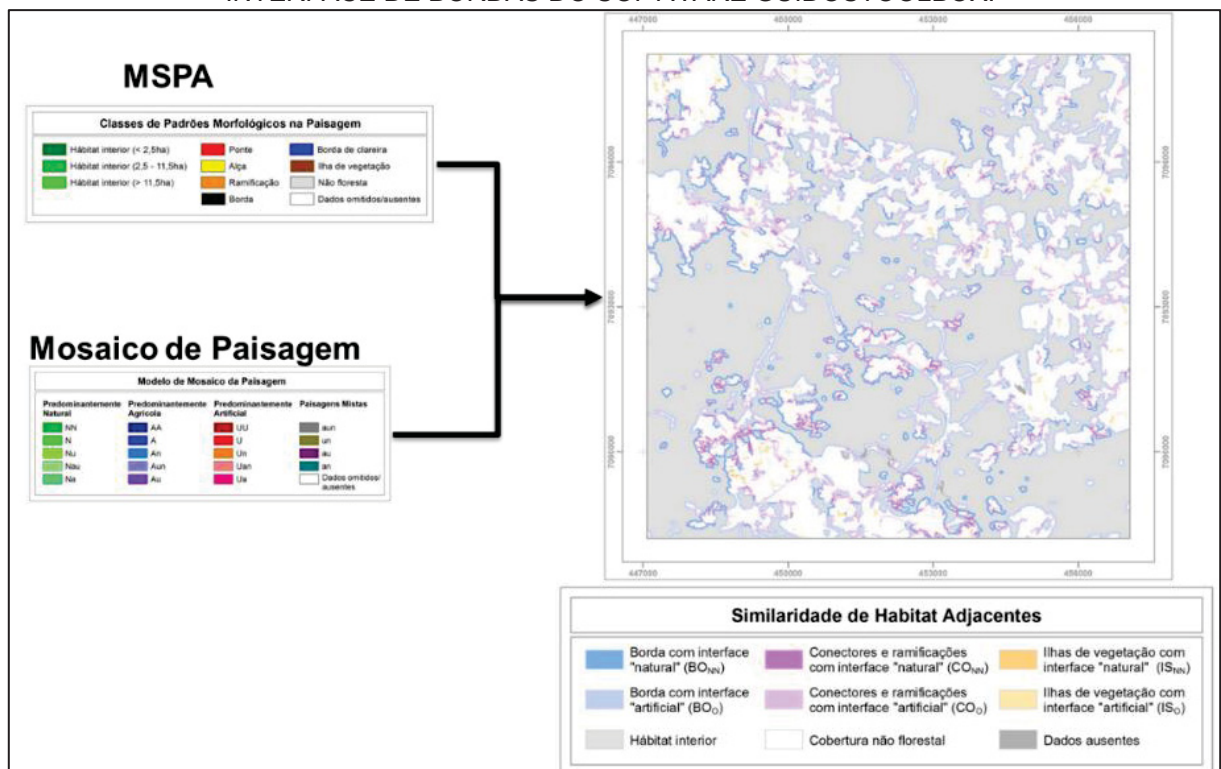
No aplicativo *GuidosToolbox*, por meio da rasterização dos mapas de uso e cobertura da terra, é efetuada uma reclassificação para formato binário, *foreground* e *background*, e classificação do *foreground* (floresta) em sete possíveis categorias. O número de pixels e respectiva porcentagem em cada categoria possibilita a detecção de conectores e o cálculo de índices de fragmentação, conectividade, acessibilidade, complexidade, contágio e entropia, entre outros resultados. O *GuidosToolbox* contém uma grande variedade de rotinas de processamento de imagem, incluindo software livre relacionados tais como GDAL (para processar dados geoespaciais) e FWTools (pré e pós-processamento e visualização de dados raster ou vetor). Todas as ferramentas são baseadas em princípios geométricos e podem ser aplicadas em qualquer escala e de qualquer tipo de dados raster.

Outra técnica disponível no software *GuidosToolbox* é o modelo de mosaico da paisagem que classifica um determinado local de acordo com a quantidade (superfície) de agricultura intensiva e de áreas urbanizadas ao seu redor. O objetivo

geral dessa abordagem é gerar informações sobre riscos de isolamento de habitats e efeitos de borda naquele determinado local devido a atividades antrópicas. Mais especificamente, pode-se estimar a proporção de florestas ou campos naturais em paisagens com predominância de classes de uso e cobertura naturais, urbanizadas ou agrícolas. Nele é empregado um esquema de classificação tripolar que pode gerar, potencialmente, 19 classes. Nos três eixos do triângulo estão as proporções de tipos genéricos de uso e cobertura da terra: agricultura, urbanização e natural.

Ainda outra técnica de análise no *GuidosToolbox* é a Interface de Bordas que consiste na composição do resultado gerado pela MSPA combinado com o resultado do mosaico de paisagem, sendo caracterizado de acordo com a similaridade de habitats adjacentes (bordas de cobertura arbórea/arbustiva ao longo de áreas naturais ou artificiais). Os resultados da combinação são apresentados em forma de mapa contendo a distribuição espacial dos tipos de interface (FIGURA 5).

FIGURA 5. EXEMPLO DE MAPA E RESPECTIVAS LEGENDAS GERADOS PELO ALGORITMO DE INTERFACE DE BORDAS DO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.



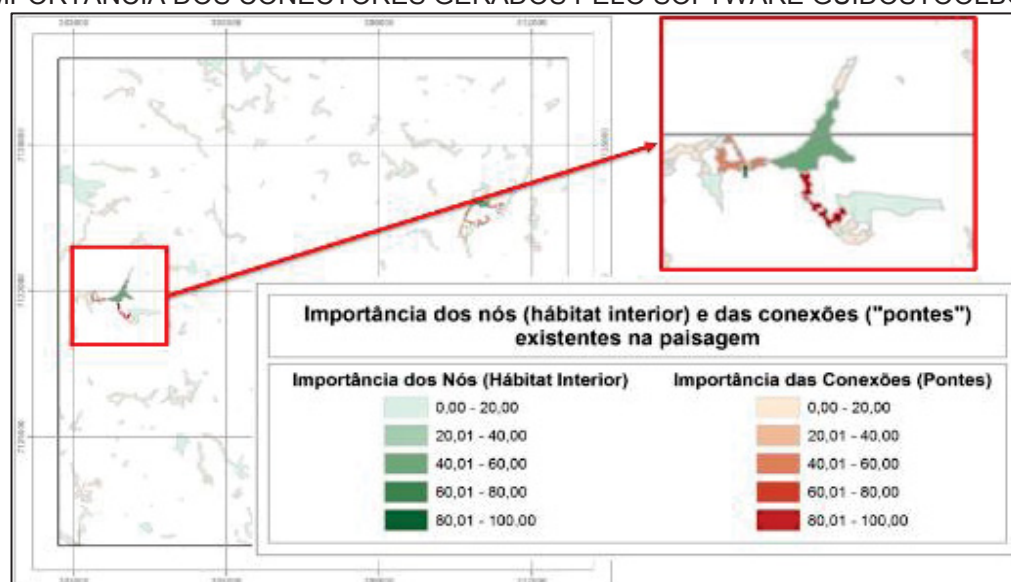
FONTE: Adaptado de LUZ (2016).

A importância dessa combinação está no fato de que a fragmentação está relacionada à mudança do uso e cobertura da terra nas bordas da floresta. Índices de proporção de bordas, conectores e ramificações e ilhas de vegetação com

interfaces naturais mais altas representam situações mais favoráveis a áreas florestais contínuas.

Na FIGURA 6 as cores verdes são empregadas na visualização dos nós (habitat interior), enquanto o vermelho é usado para representar as conexões ("pontes"). Quanto maior a intensidade das respectivas cores, maior será a importância do nó ou conexão. Essa importância é dada de acordo com um índice denominado decréscimo da probabilidade de conectividade – dPC, obtido com a análise MSPA, e tem como base a diminuição de conectividade detectada caso aquele nó ou conexão se extinguisse.

FIGURA 6. EXEMPLO DE MAPA E RESPECTIVAS LEGENDAS RELATIVOS ÀS CLASSES DE IMPORTÂNCIA DOS CONECTORES GERADOS PELO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.

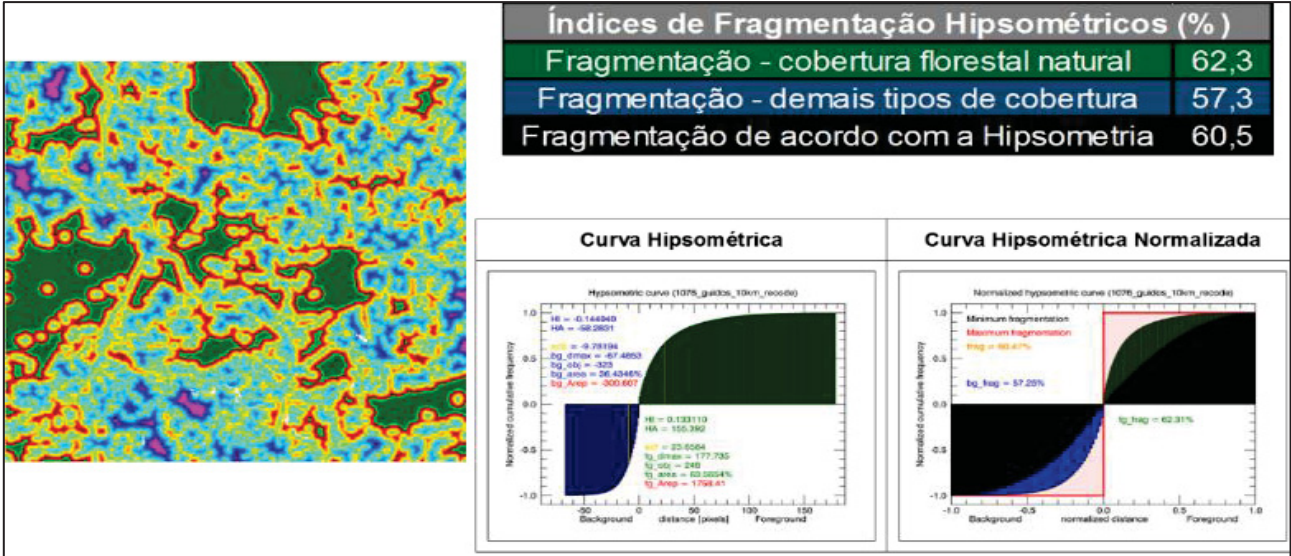


FONTE: Adaptado de LUZ (2016).

A FIGURA 7 apresenta o Índice de fragmentação hipsométrico calculado no software *GuidosToolbox* e sintetiza a fragmentação propriamente dita, as perfurações, a quantidade, divisão, dualidade e dispersão de objetos na imagem. Os valores são adimensionais, com amplitude de 0 a 100%. O índice é calculado tanto para todo o processamento da imagem, quanto somente para o *foreground* (cobertura arbórea/arbustiva) e somente para o *background* (demais tipos de cobertura), sendo todos apresentados em tabela. Valores mais próximos de 100% indicam paisagens mais fragmentadas (VOGT et al., 2007). A correlação entre as medidas de paisagem é coerente com a noção de distribuição espacial e variabilidade dos padrões de paisagem, ou seja, espera-se que ambientes mais

fragmentados apresentem uma maior diversidade espacial, independentemente do índice de paisagem usado.

FIGURA 7. EXEMPLO DE MAPA E GRÁFICOS DO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX RELATIVOS AOS ÍNDICES DE FRAGMENTAÇÃO HIPSOMÉTRICOS.



FONTE: Adaptado de VOGT et al. (2007).

3.5.2. MÉTRICAS UTILIZADAS NO SOFTWARE *FRAGSTATS*

O software *Fragstats*, desenvolvido por Kevin Mc Garigal e Barbara J. Marks, abrange cerca de 50 diferentes tipos de índices, divididos em três grupos distintos. O primeiro aborda os fragmentos que estão inseridos na matriz; o segundo grupo é relativo às classes de uso e cobertura da terra e o último, aborda a paisagem como um todo (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Esse software, segundo Hessburg et al. (2000), é um dos mais utilizados quando a finalidade é a obtenção de métricas e índices de paisagem, dentro da Ecologia de Paisagem.

A diversidade de índices existentes no software *Fragstats* é bastante ampla, o que requer uma escolha criteriosa dos índices a serem calculados, de acordo com os objetivos do estudo, evitando redundâncias em sua interpretação. Seguem, na TABELA 2, as métricas que podem ser encontradas no *Fragstats*, separadas em três grupos: fragmento, classe e a paisagem como um todo, com as respectivas siglas e nome dado àquele índice.

FONTE: Adaptado de VOLOTÃO, (1998).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas avaliadas e estudadas neste projeto estão localizadas nos três estados do Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Nesta região está inserido um subconjunto de Unidades Amostrais de Paisagem do IFN-BR, denominado UAPs-piloto, com base no qual a metodologia de análise foi desenvolvida e testada.

De acordo com IBGE (1972), o Sul do Brasil possui predominância de sua superfície abaixo do Trópico de Capricórnio, e possui 1300 km banhados pelo Oceano Atlântico. Segundo Leite e Klein (1990), a área denominada como região Sul se estende por 577.800 km², representando cerca de 6,8% de território nacional.

4.1.1. CLIMA

O clima na Região Sul do Brasil está caracterizado como superúmido, temperado, sem presença de períodos mais secos (LEITE, 1994). De acordo com Leite (1994), nesta região - que engloba os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul - a chuva apresenta distribuição mais uniforme comparada às outras regiões do país, com média de precipitação anual variando de 1250 a 2000 mm, sem déficit hídrico. Possui chuvas intensas durante o verão, entre os meses de outubro a março, e pouca quantidade de chuvas nos períodos de abril a setembro (PILLAR et al., 2009).

De acordo com Leite (1994), o Paraná apresenta temperatura média de 18°C no litoral, em uma altitude que varia de 500 a 800 metros, e no interior em uma altitude entre 500 a 900 metros. Já em Santa Catarina, este valor médio de temperatura é alcançado nas altitudes de 300 a 500 metros no litoral, e, no interior, entre altitudes de 450 a 500 metros. No Rio Grande do Sul, esta mesma temperatura média de 18°C é encontrada em altitudes menores, entre o nível do mar e 300 metros no litoral e no interior, entre 200 a 550 metros.

Leite (1994) afirma que a temperatura média anual de 16°C se encontra em regiões mais elevadas, tais como no Paraná, em altitudes de 1000 a 1200m, em Santa Catarina, de 750 a 1000m e, no Rio Grande do Sul, variando entre 700 a

750m. As temperaturas encontradas nessa região do país se apresentam mais moderadas devido às suas superfícies planálticas (NIMER, 1990).

No verão, nas superfícies mais altas, as temperaturas médias encontradas variam em torno de 24 a 27°C. Já nas superfícies baixas, tais como nos vales dos rios Paranapanema, Paraná e Uruguai, Planalto da Campanha e na Depressão Gaúcha, a média pode ultrapassar valores de 30°C. Para Nimer (1990), o relevo da região Sul é o fator que controla como a temperatura se distribui geograficamente durante os meses do verão.

O inverno, de acordo com Nimer (1990), é bem acentuado na maior parte do território, mesmo que este esteja situado na região subtropical; isso se explica pela presença dos planaltos, que influem na quantidade de chuvas e na queda de temperatura.

4.1.2. RELEVO E VEGETAÇÃO

De acordo com Leite (1994), a região Sul pode ser caracterizada por quatro Domínios Morfoestruturais – que são aspectos geomorfológicos aliados a aspectos geológicos -, cinco Subdomínios Morfoestruturais – encontrados regionalmente -, e treze unidades de relevo – unidades explicadas por aspectos paleoclimáticos, litologia ou ainda hidrologia do local.

Os Domínios Morfoestruturais citados pelo autor são i) Domínio dos Depósitos Sedimentares Quaternários, ii) Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, iii) Domínio das Faixas de Dobramentos e por fim iv) Domínios dos Embasamentos em Estilo Complexo. No primeiro domínio, onde há presença de depósitos sedimentares litorâneos, a cobertura predominante são as formações vegetais pioneiras, revestidas pela Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas. Nos depósitos sedimentares que são mais interioranos, predominam as formações pioneiras e formações aluviais da Floresta Estacional Semidecidual.

No segundo domínio, *Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares*, as unidades de relevo presentes na região são as Depressões Periféricas da Bacia do Paraná, predominando como cobertura vegetal a formação Estepe Gramíneo-Lenhosa; os Patamares da Bacia do Paraná, com predominância de Floresta Ombrófila Mista Montana, Estepe Gramíneo-Lenhosa, Floresta Ombrófila Densa Montana, Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais Montanas e

Submontanas; o Planalto Central da Bacia do Paraná, nas regiões de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista; o Planalto das Araucárias, compreendendo formações como Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Semidecidual e Estepe; e, por fim, a unidade de relevo denominada Planalto da Campanha Gaúcha, com tipologias como Estepe e Savana Estépica.

O terceiro domínio, *Domínio das Faixas de Dobramentos*, está localizado nos Estados de Santa Catarina e Paraná e tem como unidades de relevo o Planalto Dissecado do Paranapiacaba, com cobertura predominante de formações da Floresta Ombrófila Densa; e as Escarpas e Reversos da Serra do Mar, cobertos por Florestas Ombrófilas Densa e Mista e áreas com formações de Estepe Gramíneo-Lenhosa.

O quarto e último domínio encontrado Sul do Brasil é o *Domínio dos Embasamentos em Estilo Complexo*, localizado mais à borda oriental da região Sul, contando com duas unidades de relevo, sendo elas a Serra do Leste Catarinense, com formações da Floresta Ombrófila Densa; e a Serra do Planalto Sul-Rio-Grandense, cobertos por Florestas Estacionais Semideciduais e Deciduais e Estepe (HERRMANN; ROSA, 1990; LEITE; KLEIN, 1990).

Segundo Pillar et al. (2009), as principais regiões fisiográficas que caracterizam o Sul do Brasil são a Planície Costeira ao longo do litoral atlântico, a Depressão Central, a Campanha, a Serra do Sudeste no Rio Grande do Sul e a região do Planalto Sul-Brasileiro, que possuem uma variação de altitude entre 500 e 1200 metros. A altitude de mais de 1200 metros se encontra na região do Planalto, formada, no Sul, pela Serra Geral, e mais a nordeste, pela Serra do mar.

A vegetação encontrada nessa região do Brasil é, principalmente, a de Mata Atlântica, Floresta com Araucárias e Florestas Estacionais (PILLAR et al., 2009). Especificando as tipologias mais frequentes no Sul do Brasil, pode-se afirmar que a Mata Atlântica tem predominância, formando um cinturão ao longo da costa atlântica e nas escarpas leste da Serra Geral e Serra do Mar (KLEIN, 1978) e a Floresta com Araucária tem predominância em regiões com altitudes entre 1000 e 1400 metros, em latitudes que variam de 24° a 30° Sul (HUECK, 1978).

4.1.3. CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Alguns autores, tais como Teixeira et al. (1986); Leite e Klein (1990), por

meio da metodologia utilizada no Projeto RADAMBRASIL, caracterizaram as regiões fitogeográficas encontradas no Sul do país em duas vertentes, sendo a primeira as Regiões Florestais – Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual; e a segunda, as Regiões não-Florestais – Savana, que compreende a grande parte dos campos do Sul do País, Estepe, encontradas predominantemente em áreas a sudoeste do Rio Grande do Sul, Savana Estépica, dispersas no sudoeste do Rio Grande do Sul, Formações Pioneiras, sendo elas fluviais, marinhas e fluviomarinhas, Áreas de Contato e Áreas de Tensão Ecológica, e, por último, Áreas de atividade Antrópica.

4.2. MÉTODOS

Os recursos para o desenvolvimento e execução desse projeto são oriundos da componente 3 do projeto GEF/FAO (Fortalecimento do Marco Nacional de Conhecimento e Informação para Subsidiar Políticas de Manejo Sustentável dos Recursos Florestais) e do projeto macroprograma 3 da Embrapa Florestas (Métodos para análise, classificação e monitoramento das Paisagens Rurais Brasileiras no âmbito do Inventário Florestal Nacional do Brasil (IFN-BR)).

A metodologia aplicada para a análise da componente de paisagem do Inventário Florestal Nacional visa a obtenção de uma série de variáveis e indicadores a partir do mapeamento do uso e cobertura da terra das UAPs usando imagens do satélite *RapidEye* (RE), com resolução de 5 metros, e dados obtidos em campo. O mapa de uso e cobertura da terra, os índices de paisagem e o resultado do processamento das parcelas de campo representam um conjunto de insumos para a identificação, caracterização e quantificação dos elementos constitutivos das paisagens rurais presentes no sul do Brasil com base na amostra das UAPs-piloto, objetivo do presente projeto.

A seleção das UAPs-piloto Sul, no âmbito da classificação territorial, baseou-se na Classificação Biogeoclimática Territorial da Espanha (CLATERES). Esta metodologia base do CLATERES teve como objetivo construir um modelo territorial da Espanha de base ecológica multifatorial para facilitar o inventário, evolução, monitoramento e investigação dos recursos vegetais e, especialmente, dos recursos florestais. CLATERES foi implementado com êxito e usado em aplicações além daquelas para as quais foi previsto.

O projeto foi desenvolvido em fases e utilizando diversos insumos, descritos em detalhes nos itens subsequentes: estruturação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), mapas de referência, mapas temáticos, classificação territorial e seleção de UAPs-piloto, imagens satelitárias, classificação do uso e cobertura da terra e por fim a geração de índices de composição e configuração da paisagem para caracterização e análise das paisagens rurais do Sul do Brasil.

4.2.1. ESTRUTURAÇÃO DE SIG

A estruturação do SIG consistiu na compilação e organização da base de dados cartográfica e temática do projeto, envolvendo todos os arquivos e documentos úteis para o processamento, análise e interpretação dos dados. No presente projeto, o SIG foi estruturado usando-se tanto software livre (QGIS versão 2.18.4) quanto proprietário (ArcGIS 10.5).

Primeiramente foi organizada uma base de dados espaciais, constituindo o conjunto de insumos básicos a ser empregado na geração de camadas derivadas e de índices de paisagem nas etapas posteriores. Previamente à inserção de dados no SIG, os arquivos foram organizados em pastas, de modo a facilitar o armazenamento, consulta e manipulação dos dados. Assim, todos os dados espaciais e não-espaciais foram armazenados em uma estrutura descrita a seguir. Ainda nessa fase foram efetuadas operações básicas de recorte dos temas para a área de estudo.

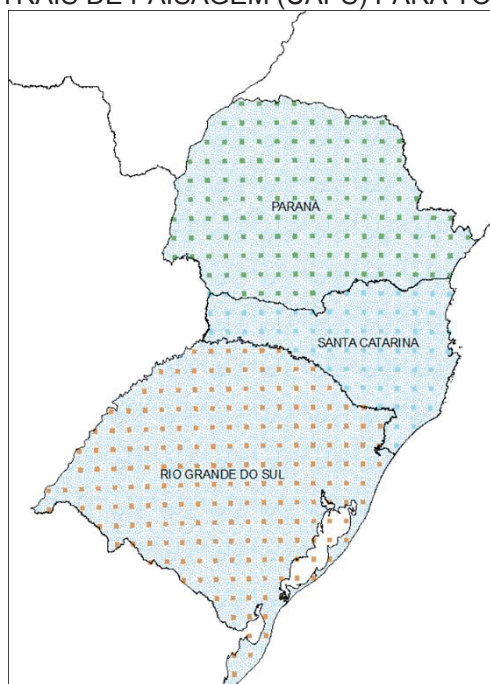
Pastas e sub-pastas foram organizadas hierarquicamente e distribuídas de acordo com o formato em que estão os arquivos: vetores (.shp), raster (.tif), tabelas (.xls), projetos salvos nos software utilizados para processamento, figuras (.png), e textos, contendo documentos tanto dos autores quanto da literatura necessários para compreensão das etapas do projeto. Ao longo da execução do processamento das imagens, foi possível organizar estas pastas por estado (PR, SC e RS) e subpastas para cada uma das seis UAPs presentes por estado, contendo as respectivas subdivisões.

4.2.2. MAPAS DE REFERÊNCIA

4.2.2.1. MAPA POLÍTICO

O mapa político foi utilizado para extrair os limites dos três estados da Região Sul, usados, posteriormente, para efetuar os recortes dos demais temas para a área de interesse do projeto (FIGURA 8).

FIGURA 8. LIMITES DOS ESTADOS ESTUDADOS (PR, SC E RS) E A DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS DE PAISAGEM (UAPS) PARA TODA A REGIÃO SUL.



FONTE: O autor (2018).

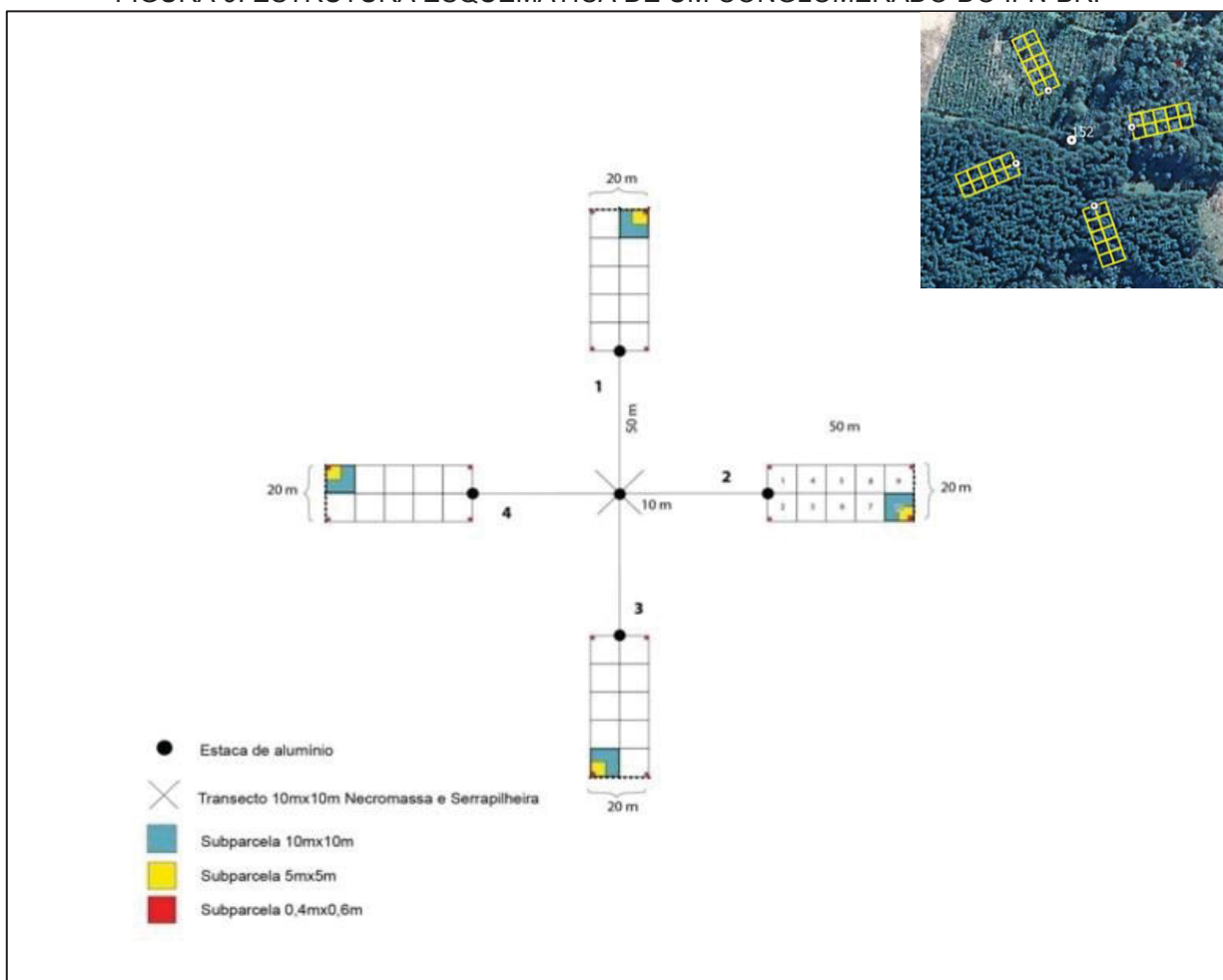
A representação dos limites dos três estados do Sul do Brasil foi obtida gratuitamente a partir do site do IBGE (<https://ww2.ibge.gov.br/home>).

4.2.2.2. GRID DO IFN-BR E LIMITES DAS UAPS

A análise e caracterização das paisagens rurais brasileiras são associadas aos dados de campo do Inventário Florestal Nacional, com periodicidade de cinco anos. Os dados de campo consistem em variáveis dendrométricas e biofísicas de parcelas (conglomerados), distribuídas em um grid nacional de 20 x 20 km sobre todo o território brasileiro.

A distribuição padrão de 20 km x 20 km entre os pontos pode ser adensada de acordo com a finalidade e peculiaridade de cada região onde o inventário está sendo executado. Cada ponto do grid representa o centro de um conglomerado, constituído por quatro subunidades (FIGURA 9). O formato é similar ao da Cruz de Malta, com subunidades retangulares de área fixa, perpendiculares em relação ao seu ponto central, orientadas na direção dos pontos cardeais e numeradas de 1 a 4. Cada subunidade possui dimensões de 20 m x 50 m, exceto na Amazônia, onde as dimensões são de 20 m x 100 m. Assim, a área total do conglomerado varia de 4000 a 8000 m².

FIGURA 9. ESTRUTURA ESQUEMÁTICA DE UM CONGLOMERADO DO IFN-BR.



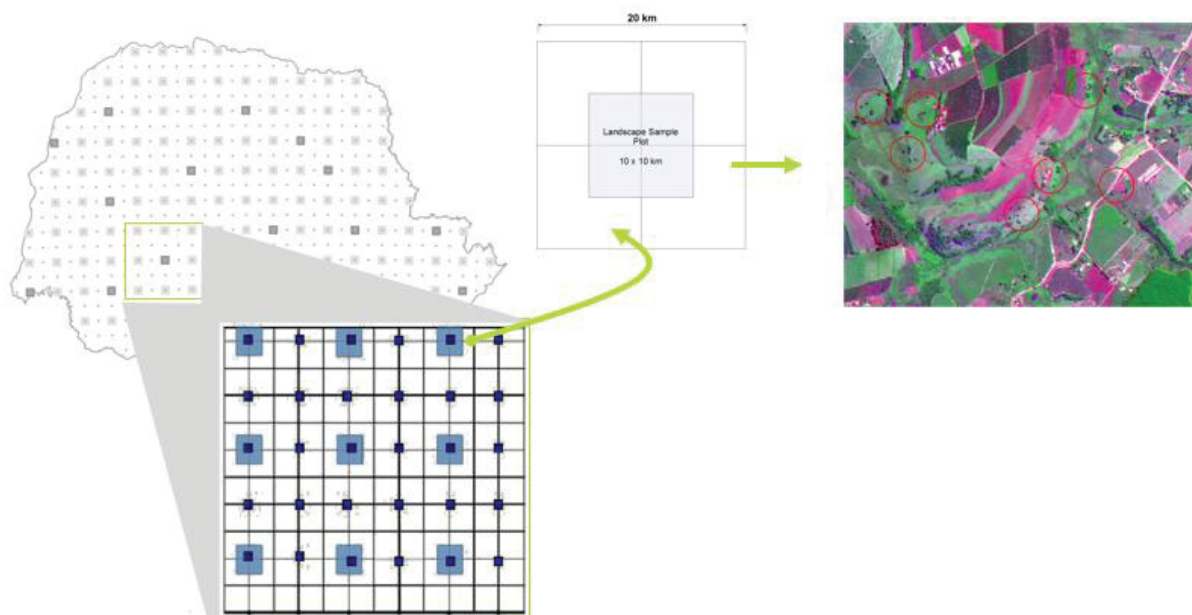
FONTE: Adaptado de SFB (2017).

As Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs) constituem o conjunto amostral para avaliação das paisagens rurais, especialmente com relação à presença e distribuição da componente florestal. As UAPs encontram-se distribuídas em grid

coincidente com o dos conglomerados, com menor densidade (40 x 40 km) sobre todo o território nacional, totalizando 5.500 UAPs com área quadrangular de 100 km² no terreno. Seu centro geométrico coincide com o ponto central de cada conglomerado medido em campo, conforme mostrado na FIGURA 10.

O grid nacional bem como os limites das UAPs, ambos em formato vetorial, foram cedidos pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Ambos foram recortados para a Região Sul e inseridos na base de dados do projeto. Posteriormente esse subconjunto foi empregado para selecionar as UAPs-piloto.

FIGURA 10. DISPOSIÇÃO DAS UAPS COM OS CONGLOMERADOS DE CAMPO NO CENTRO.



FONTE: O autor (2018).

4.2.3. MAPAS TEMÁTICOS

4.2.3.1. MAPA ALTIMÉTRICO

As informações altimétricas foram obtidas a partir do raster *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (USGS, 2004), disponível para o Brasil com uma resolução espacial de 30 metros. Foi necessário recortar as informações que estavam no formato raster apenas para a região Sul, empregando, para tanto, o limite de cada estado (PR, SC e RS). Além disso, converteu-se a projeção cartográfica do SRTM, de WGS 84 para o sistema de referência SIRGAS 2000 para

compatibilizá-la com o sistema de projeção dos limites estaduais.

A altimetria recortada foi, então, classificada de acordo com os limites das formações do Manual de Vegetação Brasileira do IBGE (2012), analisando as altitudes presentes apenas entre as latitudes 24° e 32° Sul, onde a região Sul se encaixa. Para tanto empregou-se a ferramenta “*slicer*”, disponível no software QGIS, definindo-se as seguintes classes: formação das Terras Baixas entre 5 e 30 metros, formação Submontana, acima de 30 a 400 metros, formação Montana, acima de 400 a 1.000 metros e formação Alto-Montana acima de 1000 m.

Na sequência, a camada das classes de altimetria foi convertida para formato vetorial, tendo-se adicionado dois novos campos na respectiva tabela de atributos. O primeiro passou a conter uma associação dos números das classes com os valores da altitude e a segunda, associando o número com o nome da formação, obtendo-se, assim, uma identificação numérica, a amplitude dos valores em metros e sua correspondente nomenclatura de formação.

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), tem-se as seguintes definições para as formações encontradas nas paisagens a serem avaliadas e caracterizadas:

Formação das Terras Baixas - situada em áreas de terrenos sedimentares do terciário/quaternário – terraços, planícies e depressões aplanadas não susceptíveis a inundações - entre 4° de latitude Norte e 16° de latitude Sul, a partir dos 5 m até em torno de 100 m acima do mar; de 16° de latitude Sul a 24° de latitude Sul de 5 m até em torno de 50 m; de 24° de latitude Sul a 32° de latitude Sul de 5 m até em torno de 30 m;

Formação Submontana - situada nas encostas dos planaltos e/ou serras, entre 4° de latitude Norte e 16° de latitude Sul, a partir de 100 m até em torno dos 600 m; de 16° de latitude Sul a 24° de latitude Sul, de 50 m até em torno de 500 m; de 24° de latitude Sul a 32° de latitude Sul, de 30 m até em torno de 400 m;

Formação Montana - situada no alto dos planaltos e/ou serras, entre os 4° de latitude Norte e os 16° de latitude Sul, a partir de 600 m até em torno dos 2 000 m; de 16° de latitude Sul a 24° de latitude Sul, de 500 m até em torno de 1.500 m; de 24° de latitude Sul até 32° da latitude Sul, de 400 m até em torno de 1.000 m; e

Formação Alto-Montana - situada acima dos limites estabelecidos para a formação Montana.

4.2.3.2. REDE HIDROGRÁFICA

As informações sobre a hidrografia de cada estado foram empregadas como dados auxiliares na classificação do uso e cobertura da terra, principalmente como apoio para a avaliação da classe de uso e cobertura da terra “Superfície com água”.

Para o estado do Paraná, os dados de hidrografia em escala 1:50.000 foram obtidos da base cartográfica do Instituto das Águas do Paraná – Secretaria do Meio Ambiente e recursos hídricos, podendo ser acessados *online* (<http://www.aguasparana.pr.gov.br/>). Os arquivos vetoriais contêm elementos tais como: cursos d’água, lagos, lagoas, represas, açudes, oceanos e viveiros de peixes, quando disponível para esta escala, nas especificações do arquivo acessado.

Para o estado de Santa Catarina, a base hidrográfica foi acessada por meio do “Sistema de Informações Geográficas” – SIGSC (<http://sigsc.sds.sc.gov.br/download/index.jsp>).

Para o estado do Rio Grande do Sul as informações são oriundas do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, disponível *online* (<https://www.ufrgs.br/labgeo/>).

4.2.3.3. MAPA DE VEGETAÇÃO

O mapa da vegetação usado para as análises e caracterizações é oriundo das informações históricas sobre a vegetação do Brasil, lançado pelo IBGE em 2015 (MAPA, 2015). Essas informações históricas tiveram como base o Projeto RADAMBRASIL, de 1975, na escala 1:250.000, que antigamente era disponibilizado apenas em papel. Atualmente este mapeamento pode ser obtido em formato digital, tendo sido ajustado de forma a servir como base para diversos mapeamentos.

Assim, dispõe-se do mapa de vegetação pretérita do Brasil em uma escala 1:5.000.000 – este utilizado como base para os outros mapas -, além de diversas informações tal como quantidade de vegetação preservada, tipos de vegetação, etc. Essas informações sobre a vegetação do Brasil estão disponibilizadas em um arquivo digital no formato *shapefile*, georreferenciadas e contam com um banco de dados para possível execução em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) (MAPA, 2015). O projeto Radam, base das informações vetorizadas e disponibilizadas pelo IBGE, foi criado em 1970, com o intuito de obtenção de dados

sobre a geologia, solos, vegetação, relevo e uso da terra em parte do território brasileiro. Em 1975 o projeto se expandiu para o restante do território, sendo, então, conhecido como Projeto RadamBrasil.

As informações do mapa de vegetação são essenciais para a caracterização das Unidades Amostrais de Paisagem. Assim, utilizando os limites dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, citado no item 4.2.2.1., extraiu-se a vegetação RadamBrasil apenas para os estados de interesse. Esse mapa fitogeográfico está em formato *shapefile* para execução em um SIG, e em sua estrutura da tabela de atributos existem vários campos relacionados à vegetação, sendo os de interesse a vegetação pretérita e vegetação atual. Para uni-los em um único campo de informação, criou-se uma coluna denominada vegetação potencial, que foi preenchida com as informações existentes na coluna de vegetação pretérita, e quando este campo era nulo, utilizou-se a coluna da vegetação atual – considerando que a mesma não sofreu alterações, obtendo-se uma única coluna para denominar a vegetação, o que facilitou a rotulação das UAPs, quando selecionadas.

4.2.4. CLASSIFICAÇÃO TERRITORIAL E SELEÇÃO DE UAPS-PILOTO

Em 1988, foi criado, no Brasil, o Projeto “Sistematização de Informações sobre Recursos Naturais”, iniciando-se, no IBGE, um programa que objetivava a compatibilização das interpretações originais dos meios físicos e abióticos na escala 1:250.000 do Projeto RadamBrasil, que, por sua vez, forneceriam informações para o Zoneamento Ecológico-Econômico (LIMA, 2006). O objetivo era estabelecer uma tipologia espacial com base nas diferentes combinações dos componentes ambientais, suas interrelações e processos (LEITE, 1991). O novo Código Florestal (BRASIL, 2012) estabeleceu um prazo de cinco anos para que todos os estados elaborassem e aprovassem seus ZEEs, segundo metodologia unificada estabelecida em norma federal.

No entanto, os ZEEs contendo uma classificação implícita das unidades territoriais ainda não se concretizaram. Na região Sul estão disponíveis apenas para algumas áreas dos estados (MMA, 2015). Fávero (2001), preconiza a metodologia físicoespacial da análise da paisagem mediante sua compartimentalização em unidades homogêneas, integrando-se fatores como: a litologia, a estrutura

(geológica), o clima, o relevo (declividade e hipsometria), a hidrografia, o solo, a cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo, nesta ordem. Embora bem desenvolvida, a metodologia tem sido empregada pontualmente (DIAS, 2006; DALBEM et al., 2005; BERTOTTI, 2006; OLIVEIRA; SOUZA, 2013) e inexistente uma classificação sistematizada e de abrangência nacional.

Observam-se altas correlações estatísticas entre classificações territoriais multifatoriais e a distribuição geográfica de diferentes fenômenos bióticos, quer seja de origem natural ou antrópica, tornando as classificações territoriais úteis aos sistemas de amostragem de estudos ecológicos (BUNCE et al., 1996). Assim, a seleção das UAPs-piloto, distribuídas nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, teve como base para critério de escolha a vegetação do mapeamento cartográfico dos recursos naturais brasileiros do projeto RadamBrasil de 1975, que possui escala de 1:250.000 e também as classes de altitude – representadas pela formação –, conforme descrito no item 4.2.3.1.

Foi efetuada uma operação de interseção entre as camadas da vegetação e das classes altimétricas para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, resultando em uma nova camada, a partir da qual foi possível selecionar as unidades-piloto empregadas nesse estudo. Para facilitar a rotulação dos dados presentes dentro das unidades de paisagem, criou-se, na tabela de atributos da camada resultante, um novo campo contendo a combinação da formação de altitude e da vegetação potencial correspondente. Também foram criados dois campos adicionais, sendo o primeiro relativo à área em hectares de cada polígono resultante da interseção e o segundo relativo ao percentual da área do polígono em relação à área total de cada UAP.

Considerou-se que valores da somatória da área relativa de cada combinação vegetação-altitude próximos a 100% caracterizariam UAPs representativas de tais combinações, sendo tais UAPs fortes candidatas à seleção para o conjunto-piloto. Também se levou em consideração para tal conjunto, a existência de uma representação contendo os principais tipos de vegetação associados às classes altitudinais de cada estado da região sul.

A decisão sobre a quantidade de UAPs-piloto para cada estado (seis UAPs) baseou-se em critérios financeiros, considerando a necessidade de deslocamento para processos de reambulação do mapeamento do uso e cobertura da terra e à própria caracterização in situ de cada UAP.

4.2.5. IMAGENS SATELITÁRIAS

Para a classificação do uso e cobertura da terra nas UAPs foram empregadas imagens do satélite *RapidEye*. Tais imagens, adquiridas pelo Governo Brasileiro, foram disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com licenças especiais para órgãos federais e estaduais. Para acesso e *download* das imagens foi empregado o aplicativo *online* GeoCatálogo.

O sistema RapidEye (TABELA 3) é constituído por uma constelação de cinco satélites que coletam dados diariamente ou semanalmente de qualquer local da superfície terrestre, caracterizados por visada lateral e vertical, respectivamente. Os sensores do satélite - do tipo *pushbroom* (varredura eletrônica) - são idênticos e captam imagens em cinco regiões diferentes do espectro eletromagnético (EE), possuindo resolução espacial de 6,5 m (PLANET LABS, 2016; SILVA; EDUARDO; FAZAN, 2013).

TABELA 3. ESPECIFICAÇÕES DO SATÉLITE RAPIDEYE.

Características da missão	Informação
Número de satélites	5
Altitude orbital	630 km (heliossíncrona)
Passagem pelo Equador	11:00 ± 0:15
Tipo do sensor	Imageador multiespectral <i>pushbroom</i> (varredura eletrônica)
Bandas espectrais	Azul: 440 – 510 nm;
	Verde: 520 – 590 nm;
	Vermelho: 630 – 685 nm;
	<i>Red Edge</i> ¹ : 690 – 730 nm;
	NIR ² : 760 – 850 nm
Resolução espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do pixel (ortorretificado)	5 m
Tamanho da Imagem	Aproximadamente 77 km de largura com comprimento entre 50 e 300 km, 462 Mbytes/25 km ao longo da órbita para 5 bandas
Resolução radiométrica	12 bits (4.096 níveis de cinza)
Largura da faixa imageada	77 km
Capacidade do gravador de bordo	120.000km ²
Revisita	5,5 dias (nadir) e diária (<i>off-nadir</i>)
Características da missão	Informação
Capacidade de imageamento	+4.000.000 km ² /dia

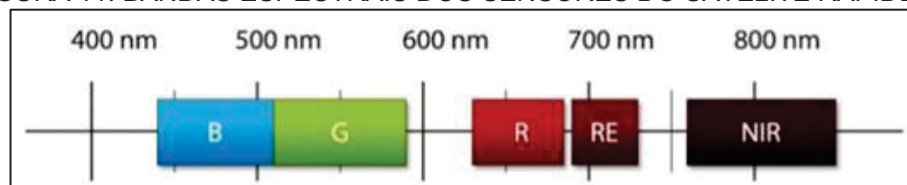
FONTE: Adaptado de ANTUNES; SIQUEIRA, (2013); SILVA; EDUARDO; FAZAN (2013).

¹ *Red Edge* (REd): região do EE de transição entre as regiões do vermelho e do infravermelho-próximo.

² *Near Infra-red* (NIR): região do EE denominada infravermelho-próximo.

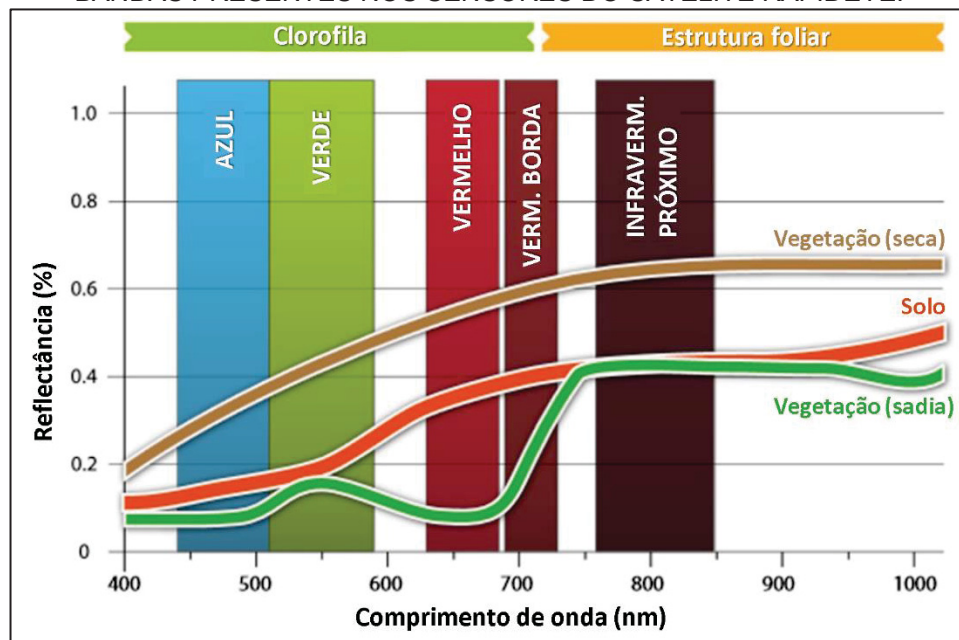
Além de abranger as regiões do visível (azul, verde e vermelho) e infravermelho próximo (NIR) do espectro eletromagnético, o sensor RapidEye possui uma banda denominada *Red Edge* (REd), entre as bandas do vermelho e infravermelho (FIGURA 11). Esta banda é muito importante na área florestal, já que contribui para um incremento consistente da acurácia na detecção de danos (ORTIZ; BREIDENBACH; KÄNDLER, 2013), de estresses nutricionais (EITEL et al., 2011) e de tipologias florestais (SCHUSTER; FÖRSTER; KLEINSCHMIT, 2012; SON; CHEN, 2013). A possibilidade de obtenção de informações nesta área do espectro, segundo Sousa et al. (2012), foi desenvolvida exatamente para a caracterização da vegetação, com base no comportamento espectral característico que elas possuem nessa região do espectro eletromagnético (FIGURA 12).

FIGURA 11. BANDAS ESPECTRAIS DOS SENSORES DO SATÉLITE RAPIDEYE.



FONTE: Adaptado de Anderson et al., (2013).

FIGURA 12. CURVA DE REFLECTÂNCIA DE DIFERENTES SUPERFÍCIES DE ACORDO COM AS BANDAS PRESENTES NOS SENSORES DO SATÉLITE RAPIDEYE.



FONTE: Adaptado de Antunes; Siqueira, (2013).

As imagens foram submetidas a rotinas de pré-processamento específicas para uso posterior nos procedimentos de classificação orientada a objetos (OBIA).

4.2.6. CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA

A classificação das imagens para geração do mapa de uso e cobertura da terra foi efetuada em três etapas distintas, sendo a primeira uma classificação automática pixel a pixel do mosaico das imagens de satélite; a segunda, uma classificação orientada a objetos e a terceira, englobando procedimentos de pós-classificação tais como edição e interpretação visual dos resultados obtidos nas classificações automáticas.

Antes da classificação propriamente dita, as imagens RE foram submetidas a operações de pré-processamento. Esses procedimentos envolveram a calibração (conversão dos níveis de cinza da imagem para valores de reflectância no topo da atmosfera) das imagens RE, o recorte para a área de abrangência das UAPs e a elaboração de mosaicos de cenas quando necessário. A calibração foi efetuada por meio do software *IMPACT Toolbox* - ferramenta desenvolvida por Simonetti, Marelli e Eva (2015), do *Joint Research Centre* da Comunidade Europeia (JRC) - para a área de abrangência de cada Unidade Amostral de Paisagem acrescida de sua bordadura, previamente à elaboração dos mosaicos. Para a moisaicagem das cenas foi empregado o software ENVI 5.1 e as imagens resultantes foram salvas em formato TIFF. A classificação automática do tipo pixel-a-pixel também foi efetuada pelo software *IMPACT Toolbox* e serviu como input para os procedimentos de classificação propriamente ditos. Na execução do mapeamento foi considerada uma bordadura de 500 metros de largura ao redor de cada UAP. Assim, a área processada foi de 11 x 11 km, totalizando 121 km², ao invés dos 100 km² definidos pela área de 10 x 10 km.

Na segunda etapa, empregou-se o software *eCognition* na segmentação e posterior classificação dos polígonos gerados por esta segmentação, tendo como mapas auxiliares a pré-classificação da primeira etapa e também os mapas de cobertura florestal entre os anos de 2000 a 2014, elaborados por Hansen et al. (2013). A base de dados publicados por Hansen et al. (2013) a respeito das mudanças na cobertura florestal mundial – *Global Forest Change*, foi utilizada para apoio na caracterização e avaliação da vegetação e discriminação das classes floresta e não-floresta.

Para o mapeamento das UAPs foram definidas nove classes de uso e cobertura da terra e uma codificação para áreas não observadas (TABELA 4)

oriundas de uma harmonização de definições pré-existentes da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC.

TABELA 4. CODIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DAS UAPS.

Classe	Código	Descrição
Floresta Natural	F 01	Áreas estendendo-se a mais de 0,5 ha, com presença de árvores com mais de 5 m de altura e com cobertura de copa maior do que 10%, ou com árvores capazes de atingir tais limiares <i>in situ</i> .
Outras Terras com Vegetação Lenhosa	VL 02	Áreas estendendo-se a mais de 0,5 ha, com presença de árvores com mais de 5 m de altura e com cobertura de copa entre 5 e 10%, ou árvores capazes de atingir tais limiares <i>in situ</i> ; ou áreas compostas por uma combinação de indivíduos arbóreos e arbustivos com mais de 10% de cobertura do dossel.
Árvores Fora da Floresta	TOF 03	Áreas inferiores a 0,5 ha e superiores a 0,05 ha, com presença de árvores isoladas, ou agrupadas, em locais não classificados como Floresta Natural ou Outras Terras com Vegetação Lenhosa.
Gramíneas e Herbáceas	C 04	Áreas ocupadas por um estrato predominantemente herbáceo, com eventual ocorrência de elementos arbóreos e/ou arbustivos, desde que esparsamente distribuídos, sobre um tapete gramíneo-lenhoso.
Floresta Plantada	R 05	Áreas ocupadas por plantios florestais com espécies nativas ou exóticas, puros ou consorciados, bem como áreas temporariamente sem estoque devido ao corte raso como parte da prática de manejo florestal.
Solo Exposto	S 06	Áreas sem vegetação, podendo estar ocupadas por praias fluviais, bancos de areia, atividades de mineração, exploração de jazidas, lavras, extração de areia, bem como afloramentos rochosos.
Agricultura e Pastagem	A 07	Áreas ocupadas por culturas temporárias, cíclicas, lavouras semipermanentes, plantios lenhosos perenes (pomares), bem como áreas de solo preparado para o plantio ou cuja colheita foi realizada recentemente.
Influência Urbana	U 08	Áreas contempladas por tipos de uso da terra de natureza antrópica intensiva, estruturadas por edificações e sistema viário, incluindo metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transportes, energia, comunicações e terrenos associados, bem como edificações presentes no meio rural.
Superfície com Água	H 09	Áreas superiores a 1 ha compostas por rios, lagos, lagoas, barragens, represas, canais naturais ou artificiais e tanques d'água.
Área não observada	NO 00	Área de desinformação, cuja classe de uso e cobertura não pôde ser identificada devido à presença de nuvens ou sombra de nuvens.

FONTE: LUZ et al. (2018).

Posteriormente às definições de cada classe de uso e cobertura da terra, a terceira etapa envolveu as edições das imagens pré-classificadas no software *eCognition*. Pelo fato de a primeira segmentação ser automática, alguns polígonos

não são separados adequadamente ou ainda podem ser pré-classificados de forma errônea, sendo necessário uma edição por interpretação visual de cada Unidade Amostral de Paisagem para que o processo da acurácia gere bons resultados. Essa edição e interpretação foi executada no próprio ArcGIS, rastreando-se toda a imagem de forma manual e alterando, quando necessário, as classes de uso e cobertura da terra para a correta classificação.

Para tanto, foram utilizados mapas e/ou imagens auxiliares para melhorar essa interpretação, como por exemplo, os mapas fitogeográficos do IBGE, imagens do projeto RadamBrasil já citados anteriormente, e também imagens atualizadas e disponíveis no aplicativo do *Google Earth*. Com estes materiais, tem-se uma maior facilidade em identificar o porte da vegetação, a distribuição das copas e até sombras de reflorestamentos, obtendo-se um melhor resultado na classificação correta dos polígonos com classes de uso mais semelhantes, tais como cobertura arbórea/arbustiva.

O mapa de uso e cobertura foi gerado no mesmo sistema de projeção e referência (UTM e Datum WGS-84) das imagens RapidEye, sendo efetuadas transformações posteriores necessárias aos cálculos dos índices de paisagem.

4.2.6.1. REAMBULAÇÃO TEMÁTICA

O processo de reambulação é o processo de verificação em campo dos mapas de uso e cobertura da terra que consiste em coletar informações sobre o uso e cobertura das feições já mapeadas, porém sobre as quais se tem dúvidas que podem comprometer a qualidade do mapeamento. As etapas que envolvem o processo de reambulação são, em primeiro lugar, o planejamento das operações, seguido pela execução do levantamento de campo e, por fim, a organização dos dados resultantes da verificação *in situ* e sua utilização para correção e edição na classificação digital.

Desta forma, para este trabalho, a reambulação executada teve como intuito verificar a qual classe de uso e cobertura pertenciam determinados polígonos gerados pela classificação digital de imagens. Esse processo foi executado após uma primeira edição da classificação, realizada com base em imagens disponíveis no *Google Earth*. Além disso, buscou-se caracterizar a paisagem nas distintas

unidades amostrais por meio da descrição de seu relevo predominante, vegetação, uso da terra e outras particularidades observadas em campo. Para tanto, foram empregados os arquivos vetoriais e *raster* do Sistema de Informações Geográficas do projeto, exportando-os ou modificando-os para utilizá-los nos aplicativos e mídias levados a campo.

As técnicas utilizadas para a verificação das feições classificadas no mapa de uso e cobertura da terra dentro do projeto e que causaram dúvidas, seguiram uma sequência de atividades no trabalho de campo. A primeira etapa das atividades ocorreu no planejamento do trajeto, utilizando-se equipamentos como notebook e dispositivo móvel com o software *Google Earth*. O melhor trajeto foi definido com base na visualização das UAPs a serem visitadas no *Google Earth*. Para tanto, os arquivos com o limite das UAPs, a classificação de uso e cobertura e os pontos específicos de dúvida, juntamente com o mosaico das imagens *RapidEye* de cada UAP, foram transformados para formato *kmz* e importados no *Google Earth*. Habilitou-se, também, a visualização de estradas, o que possibilitou estabelecer a sequência das UAPs a serem visitadas e a melhor logística para o deslocamento da equipe em campo.

A segunda etapa das atividades envolveu o deslocamento em direção à UAP e dentro das UAPs, utilizando um GPS como equipamento, além do *Google Maps* e um sistema de localização de um dispositivo móvel. Além do uso do GPS, o arquivo *kmz* com limites, pontos e imagem foi importado para os dispositivos móveis (*tablet* e *smartphone*) dos membros da equipe, constituindo-se numa ferramenta bastante útil para a navegação.

A terceira etapa desse processo se caracterizou pela observação visual e registro dos pontos de dúvidas. Entretanto, muitas outras feições de interesse foram observadas e registradas. A atribuição de uma classe de uso e cobertura a determinada feição observada no terreno era previamente discutida e acordada entre os membros da equipe.

Para registrar essas dúvidas e feições, também foram tomadas fotos digitais a partir dos locais de observação, envolvendo uma quarta etapa, usando-se a câmera do GPS, a câmera dos dispositivos móveis, uma câmera digital convencional e também o uso de drone para vídeos e verificação dos pontos de dúvidas além do alcance visual.

4.2.6.2. VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA TEMÁTICA

A verificação da acuracidade temática foi efetuada após o processo de edição manual da classificação, descrito no item 4.2.6.3. Para tanto, foram empregados pontos, por meio de um *grid*, distribuídos a cada 500 metros, tendo como base os limites das Unidades Amostrais de Paisagem. Este processo foi executado no software ArcGIS, considerando uma área de 11 x 11 km, para não perder informações dos polígonos presentes nos limites reais das UAPs.

Os 484 pontos gerados, distribuídos por toda a UAP, foram classificados empregando-se interpretação visual das imagens RE e também de imagens do aplicativo *Google Earth*. Esse conjunto de pontos representa a verdade de campo utilizada posteriormente no cálculo da matriz de confusão para avaliação da acuracidade temática. Um campo específico na tabela de atributos do grid de pontos foi criado para conter o nome das classes de acordo com a legenda pré-definida.

Após a classificação de todos os pontos gerados, empregando-se o software ENVI, foram calculados estimadores de acurácia tais como exatidão global, acurácia do produtor e do usuário, erros de comissão e omissão, tanto em pixel como em porcentagem. Neste presente trabalho, adotou-se a exatidão global de 80% como o limiar mínimo aceitável para dar prosseguimento ao cálculo dos índices de paisagem. UAPs que não atingiram esse valor foram novamente editadas com base em interpretação visual.

4.2.6.3. REPROJEÇÃO E RECORTE DOS MAPAS DE USO E COBERTURA DA TERRA

O mapa final de uso e cobertura da terra de cada UAP foi reprojetoado para a projeção Cônica Equivalente Albers e o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000. Tal transformação foi necessária considerando o objetivo do estudo e a conveniência de se utilizar projeções que preservem as áreas, para uma melhor representação dessas áreas na superfície terrestre.

Após a reprojeção, os mapas de uso e cobertura da terra foram recortados para a dimensão exata de cada UAP (10 x 10 km). Também foram calculadas as áreas, em hectares, para todos os polígonos do mapa.

4.2.7. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DAS PAISAGENS RURAIS

4.2.7.1. CARACTERIZAÇÃO DAS UAPS-PILOTO

Concomitantemente aos procedimentos de reambulação, a equipe realizou um processo de caracterização visual das paisagens que estavam sendo visitadas. Uma avaliação visual da paisagem inserida na UAP era executada, observando-se características gerais do local e do seu entorno.

O relevo poderia ser caracterizado como plano (0 – 3%), suave-ondulado (3 – 8%), ondulado (8 – 20%), forte-ondulado (20 – 45%), montanhoso (45 – 75%) ou forte-montanhoso (>75%) (EMBRAPA, 1979). Além do relevo, especial ênfase era dada ao tipo de vegetação predominante. Avaliava-se a quantidade de área com presença de reflorestamentos, presença de floresta nativa, áreas isoladas com Araucárias, predomínio de agricultura ou, ainda, se havia algum tipo de produção animal. As áreas também foram caracterizadas quanto à presença de áreas urbanas, vilas ou se eram áreas que pertenciam a fábricas e/ou empresas.

A drenagem também era observada em função de sua influência sobre a vegetação presente. Com isso, caracterizavam-se as matas de galeria, a disposição do relevo de acordo com rios e lagos, e os tipos de vegetação que se desenvolviam no local, recebendo maior ou menor quantidade de água. Essas observações foram efetuadas de forma independente por, pelo menos, dois membros da equipe, visando potencializar o número de distintas características anotadas para posterior compatibilização.

Assim, na caracterização das UAPs, obteve-se como resultado 18 descrições detalhadas, com base na avaliação visual, de todas as áreas que compunham as Unidades Amostrais de Paisagem selecionadas.

4.2.7.2. TAXONOMIA DA PAISAGEM

A composição da paisagem possibilita avaliar a frequência e os elementos que estão presentes dentro da Unidade Amostral de Paisagem, considerando as 10 (dez) classes de uso e cobertura da terra adotadas nesse estudo. Com os valores da frequência de cada classe, foi possível determinar, também, o percentual da área da UAP ocupada por cada categoria.

A taxonomia de paisagens – a mesma utilizada no projeto SISPARES, da Espanha – se baseia na frequência ocupada pelas distintas classes de uso. Assim, existem quatro possíveis graus de presença dentro da UAP: *Matricial*, *Essencial*, *Marginal* e *Residual*. A presença *Matricial* é definida quando a percentagem de uma das classes representa mais do que 50% da área da UAP; a *Essencial* se caracteriza pela presença de uma classe com percentagem entre 25 e 50% da área da UAP; *Marginal* quando a presença da classe varia de 5 a 25% e, por fim presença *Residual* quando a percentagem é inferior a 5% da área da UAP.

Para o cálculo dessa frequência e percentagem da área de cada classe, o software utilizado foi o ArcGIS. Um modelo elaborado para este estudo permitiu selecionar a pasta dos vetores a serem analisados, calcular a percentagem ocupada por cada classe em cada UAP e classificar os graus de presença das distintas classes para cada UAP. De posse desses dados, procedeu-se à aplicação das seguintes regras para classificar a UAP taxonomicamente:

- A classe predominante, ou seja, a de maior presença, dá o nome à paisagem. As paisagens podem ser florestais (predominância das classes “Floresta Natural” (F) ou “Floresta Plantada” (R)); agrícolas (predominância classe “Agricultura e Pastagem” (A)); campestres (predominância classe “Gramíneas e Herbáceas” (C)) ou urbanas (predominância classe “Influência Urbana” (U)).
- Quando há uma classe de uso com presença matricial (mais de 50% da área) o nome é definido por essa classe de uso acompanhado do termo “matricial” e seguido pelo nome da classe essencial, se houver. Caso haja mais de uma classe essencial, o nome inclui apenas a classe de uso matricial seguido dos termos “matricial” e “mista”.
- Se não houver classe de presença matricial, o nome é definido em função da classe de uso essencial (entre 25 e 50% de presença) predominante, seguido da palavra “não matricial”. Se houver duas classes de uso essenciais, a paisagem deve incluir em seu nome a segunda classe de uso. Se houver três classes de uso essenciais, a paisagem é denominada apenas a partir da primeira classe de uso e deve incluir os termos “não matricial” e “mista”. Exceções a essa regra são as paisagens florestais, em que as letras F (cobertura arbórea/arbustiva) e R (floresta plantada) são consideradas equivalentes.

4.2.7.3. GERAÇÃO DE ÍNDICES DE COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM

A análise da paisagem propriamente dita baseou-se nos mapas de uso e cobertura da terra descritos nas etapas anteriores. Uma vez editados e verificados quanto à sua acuracidade temática, os mapas foram transformados para formatos adequados às etapas posteriores de processamento, relacionadas ao cálculo dos índices de composição e configuração das paisagens no Sul do Brasil.

Os índices de composição mostram quais elementos estão presentes na paisagem, e os índices de configuração revelam sua forma de distribuição na paisagem. Foram empregados dois software distintos (*GuidosToolbox* e *Fragstats*) para o cálculo de diferentes índices. Embora diferentes em sua concepção, os resultados gerados por um e outro software podem ser complementares na análise das paisagens estudadas.

A entrada dos arquivos em ambos os programas é no formato *raster*, tendo sido necessária sua conversão para esse formato previamente ao processamento.

4.2.7.3.1. GUIDOSTOOLBOX

O software *GuidosToolbox* foi desenvolvido por Peter Vogt (VOGT; RIITTERS, 2017), do *Joint Research Centre, European Commission* e está disponível, gratuitamente, por meio do site do JRC (forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos). É empregado para analisar imagens, avaliar a conectividade estrutural da paisagem e também efetua análise de custos, envolvendo a detecção de melhores trajetos. De acordo com Vogt (2014), toda a análise efetuada pelo *GuidosToolbox* se baseia em princípios geométricos, podendo ser aplicada a vários tipos de base de dados, em qualquer escala ou resolução espacial.

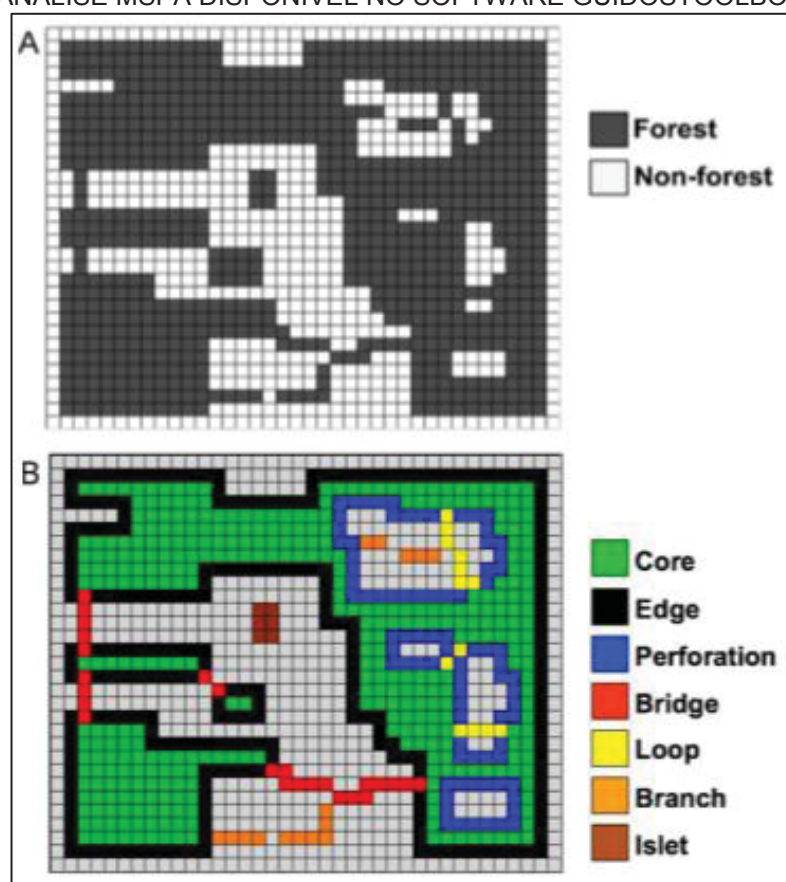
No presente estudo foram considerados os seguintes indicadores da qualidade espacial da paisagem: Modelo de padrão morfológico – MSPA; Modelo de mosaico da paisagem; Modelo de interface de bordas; Modelo de Conectividade da paisagem; Fragmentação na paisagem; Zonas de influência e Análise dos corredores e conectores estruturais na paisagem; todos brevemente abordados e descritos nos itens subsequentes.

4.2.7.3.1.1. ANÁLISE MORFOLÓGICA DE PADRÕES ESPACIAIS – MSPA

Para a aplicação desta análise, o software utiliza procedimentos matemáticos que caracterizam a distribuição espacial dos componentes de interesse de uma imagem. Para tanto, existe uma separação binária, onde os objetos de interesse são representados pelo *foreground* – primeiro plano e *background* – segundo plano. Todos os objetos do *foreground* são divididos em classes geradas pelo MSPA (SOILLE; VOGT, 2009) (FIGURA 13).

Na inicialização da ferramenta, o mapa de uso e cobertura da terra deve estar em formato *raster* do tipo *8-bit*, e contendo apenas duas classes de dados: o primeiro plano – *foreground*, e o segundo plano – *background*. Há a possibilidade, ainda, de incluir uma classe de dados ausentes (*missing data*), não obrigatória para a análise.

FIGURA 13. RECLASSIFICAÇÃO PARA FORMATO BINÁRIO (FOREGROUND E BACKGROUND) E AS SETE CATEGORIAS NA CLASSIFICAÇÃO DO FOREGROUND (FLORESTA) CONFORME ANÁLISE MSPA DISPONÍVEL NO SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.



FONTE: Adaptado de SAURA et al. (2011).

Para as Unidades Amostrais de Paisagem, o primeiro plano constitui-se de todas as classes de caráter florestal (exceto “Floresta Plantada”), tais como “Floresta Natural”, “Outras Terras com Vegetação Lenhosa” e as “Árvores Fora da Floresta”. Todas as outras classes encontradas na classificação dos mapas de uso e cobertura da terra passaram a fazer parte do *background*, exceto as massas de água, que se encaixam na classe *missing data*, para evitar a classificação de conectores de fragmentos em diferentes margens de rio ou conectores de ilhas. Após aplicação da análise MSPA, os objetos do foreground foram divididos em sete classes ou categorias: Hábitat interior – “*áreas core*”, borda – “*edge*”, borda de clareira – “*perforation*”, ponte – “*bridge*”, alça – “*loop*”, ramificação – “*branch*” e ilha de vegetação – “*islet*”, descritas na FIGURA 14.

FIGURA 14. DESCRIÇÃO DAS SETE CLASSES ORIUNDAS DA ANÁLISE MSPA, SOFTWARE GUIDOSTOOLBOX.



FONTE: O autor (2018).

De acordo com Luz et al. (2018), para as classes do primeiro plano, o pixel deve possuir valor igual a “2”; nas classes do segundo plano, o valor do pixel deve ser igual a “1”, e para aquelas classes de “área não observada” ou massas de água

– “missing data”, o valor do pixel deve ser igual a “0”.

Para dar início à análise foi necessário definir o parâmetro de “conectividade” do *foreground*, adotando-se o valor 8, que indica o número de pixels vizinhos considerados na análise de conectividade. O segundo parâmetro a ser definido é o da “largura de borda”, denominada no aplicativo como *Edge Width Parameter*. Para as UAPs foi adotada a largura de borda igual a 30 metros (TEJERA et al., 2012), equivalendo - para as imagens RapidEye que possuem resolução espacial de 5 metros - a uma largura de borda de 6 pixels.

Por meio da análise MSPA, quatro índices adimensionais foram obtidos e apresentados nos resultados em forma de percentagem (LUZ et al., 2018):

- I. **Hábitat interior:** áreas pertencentes a classes naturais com cobertura arbórea e/ou arbustiva (contempladas pelas classes: “Floresta Natural”, “Outras Terras com Vegetação Lenhosa” e “Árvores Fora da Floresta”), localizadas além da distância de 30 metros de borda de outras classes não naturais. Corresponde à classe *core* na análise MSPA;
- II. **Ilha de vegetação:** áreas de vegetação natural potencialmente vulneráveis a desaparecer devido à sua forma e tamanho (geralmente pequenas e/ou alongadas, finas e isoladas). Dependendo do contexto da paisagem em que se encontram, podem servir como *stepping stones* para a polinização e dispersão de espécies entre as áreas centrais dos fragmentos. Corresponde à classe *islet* na análise MSPA;
- III. **Borda:** áreas mais vulneráveis à penetração de espécies invasoras e contemplam características de borda que, por sua vez, podem afetar as áreas de hábitat interior. Corresponde ao agrupamento das classes *perforation* e *edge* da análise MSPA;
- IV. **Conectores e ramificações:** áreas que representam conexões estruturais entre as partes internas de um fragmento e que podem atuar como corredores de biodiversidade. Corresponde ao agrupamento das classes *loop*, *bridge* e *branch*.

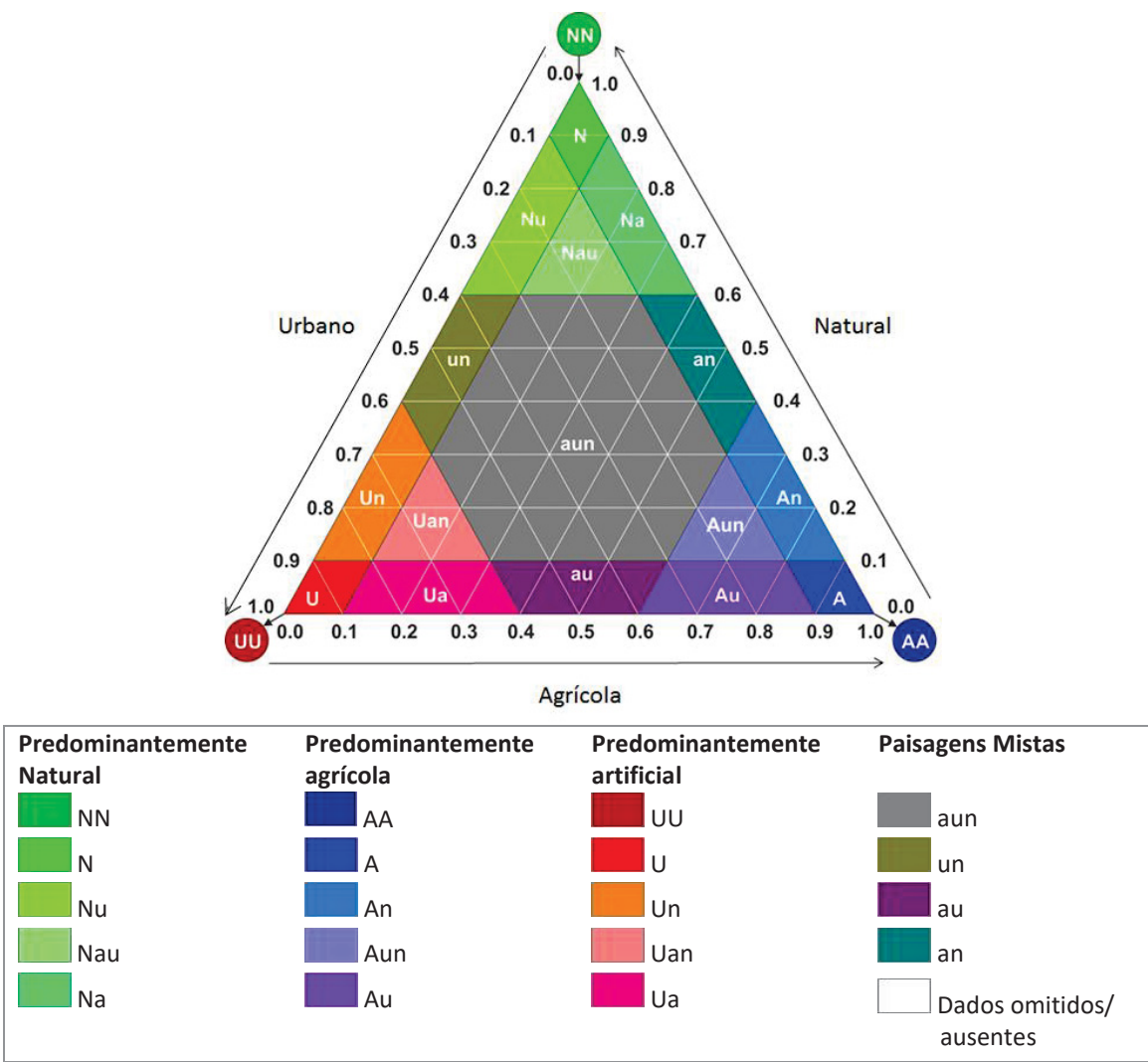
4.2.7.3.1.2. MODELO DE MOSAICO DA PAISAGEM – LM

O modelo de mosaico da paisagem deriva do “*Landscape pattern type*” (LPT), desenvolvido por Wickham e Norton (1994). A análise foi executada tendo como base os mapas de uso e cobertura já obtidos para a análise MSPA. O modelo de mosaico da paisagem classifica um determinado local de acordo com a quantidade (superfície) de agricultura intensiva e de áreas urbanizadas ao seu redor. Quando se seleciona a classe de cobertura arbórea/arbustiva (máscara de floresta), o objetivo geral dessa abordagem é o de gerar informações sobre riscos de

isolamento de habitats e efeitos de borda naquele determinado local devido a atividades antrópicas. Mais especificamente, pode-se estimar a proporção de florestas ou campos naturais em paisagens com predominância de classes de uso e cobertura naturais, urbanizadas ou agrícolas.

É empregado um esquema de classificação tripolar, à semelhança dos triângulos de classificação de solos (GEE; BAUDER, 1986), que pode gerar, potencialmente, 19 classes. Nos três eixos do triângulo mostrado na FIGURA 15 estão as proporções de tipos genéricos de uso e cobertura da terra: agricultura, urbanização e natural, de acordo com o Manual de Análise de Paisagem (LUZ et al., 2018) e Riitters, Wickham e Wade (2009).

FIGURA 15. ESQUEMA TRIPOLAR DE CLASSIFICAÇÃO COM AS 19 POSSIBILIDADES DE CLASSIFICAÇÃO.



FONTE: Adaptado de RIITTERS, WICKHAM e WADE (2009).

Os valores-limite para definir o mosaico da paisagem são: ausência (0%), presença substancial (10%), dominância (60%) e exclusividade (100%) de cada um dos três tipos. Foi determinada uma janela-móvel de 13 colunas por 13 linhas, correspondendo a uma área de 0,42 hectares aproximadamente, que passa sobre o mapa de uso e cobertura das UAPs. A janela é posicionada ao redor de um pixel central no mapa de uso e cobertura e a percentagem de cada classe do mapa é calculada. Com base nos percentuais calculados e usando os limites do triângulo, é atribuída uma classe de mosaico ao pixel central da janela. O procedimento se repete com a movimentação da janela sobre todo o mapa de uso e cobertura da UAP. Na sequência, as classes do mosaico foram denominadas de acordo com as seguintes regras (RIITTERS; WICKHAM; WADE, 2009):

- Letras minúsculas (a, u, n) aparecem no nome da classe se o tipo de cobertura correspondente (agricultura, urbanização, natural, respectivamente) representar no mínimo 10%, mas menos que 60% da paisagem.
- Letras maiúsculas (A, U, N) aparecem no nome da classe se o tipo de cobertura correspondente (agricultura, urbanização, natural, respectivamente) representar no mínimo 60%, mas menos que 100% da paisagem.
- A letra não vai aparecer se aquele tipo de cobertura compreender menos que 10% da paisagem.
- Os nomes de classes AA, UU e NN indicam paisagens que contêm exatamente 100% do tipo de cobertura correspondente.

Pode-se agregar as 19 classes de mosaico em quatro classes de *background* que identificam regiões dominadas (ou seja, circundadas por, no mínimo, 60% de) um dos três tipos genéricos de cobertura e também regiões não dominadas por nenhum tipo de cobertura (mistas). O mosaico de paisagens constituiu uma camada de input para a geração do modelo de interface de bordas.

4.2.7.3.1.3. MODELO DE INTERFACE DE BORDAS










Os índices relacionados ao modelo de interface de bordas têm como finalidade avaliar as pressões presentes nas bordas dos fragmentos de cobertura florestal ("*foreground*"), em sua maioria pressões antrópicas, e são oriundos da

junção das análises dos mapas de uso e cobertura da terra resultantes do MSPA e do LM (LUZ et al., 2018). Foram gerados, ao todo, seis índices adimensionais expressos em percentagem, que podem variar de 0 a 100%, sendo eles:

- I. Proporção de bordas com interface natural (BO_{NN});
- II. Proporção de bordas com interface artificial (BO_O);
- III. Proporção de conectores e ramificações com interface natural (CO_{NN});
- IV. Proporção de conectores e ramificações com interface artificial (CO_O);
- V. Proporção de ilhas de vegetação com interface natural (IS_{NN});
- VI. Proporção de ilhas de vegetação com interface artificial (IS_O).

O resultado deste modelo apresenta mapas com a distribuição espacial destes índices e ainda podem ser gerados gráficos com valores de cada um para que seja possível uma análise da sua presença na paisagem. Estes índices avaliam as interfaces das bordas, conectores e ilhas presentes na paisagem – levando em consideração áreas de habitat interior, *background* e dados ausentes para avaliar as pressões. Para uma padronização destes dados e uma melhor interpretação de todas as Unidades Amostrais avaliadas, utilizou-se a codificação da legenda de cores de acordo com Luz et al. (2018) (TABELA 5).

TABELA 5. VALOR DA CODIFICAÇÃO E LEGENDA DOS ÍNDICES GERADOS

Valor de codificação	Classe de Interface de Bordas	R	G	B	Cor
1	Habitat interior (Core)	225	225	225	
2	Cobertura não florestal (Background)	255	255	255	
3	Borda com interface “natural” (BO_{NN})	115	178	225	
4	Borda com interface “artificial” (BO_O)	190	210	255	
5	Conectores e ramificações com interface “natural” (CO_{NN})	223	115	255	
6	Conectores e ramificações com interface “artificial” (CO_O)	232	190	255	
7	Ilhas de vegetação com interface “natural” (IS_{NN})	255	211	127	
8	Ilhas de vegetação com interface “artificial” (IS_O)	255	235	175	
9	Dados ausentes	178	178	178	

R = Red (Vermelho); G = Green (Verde); B = Blue (Azul)

FONTE: LUZ et al. (2018).

4.2.7.3.1.4. MODELO DE CONECTIVIDADE DA PAISAGEM

O modelo de conectividade da paisagem tem como intuito avaliar, dentre as áreas “*core*” ou denominadas “habitat interior”, todas as conexões respectivas destes fragmentos, representadas pela classe conhecida como ponte – “*bridge*”. As *bridges* conectam, no mínimo, duas diferentes áreas “*core*”. Desta forma, podem ser apresentadas as conexões em si ou ainda os nós, que são aqueles componentes que não possuem conexões.

São contabilizados os componentes da paisagem (conjunto de nós conectados e suas conexões) e o grau de importância de seus conectores – importância dos nós (habitat interior) e importância das conexões (pontes), baseando-se no índice de decréscimo da probabilidade de conectividade – dPC, que tem origem na análise MSPA (LUZ et al., 2018).

Ainda segundo Luz et al. (2018), o dPC é calculado para cada nó e conexão, de acordo com a diminuição da conectividade para determinada paisagem, caso estas conexões se extinguissem. Assim, tais índices, expressos em percentagem, podem ser: **dPC total** (somatório dos dPCs dos nós e conexões); **dPC do habitat** (somatório dos nós) e **dPC conector** (somatório das conexões).

Além dos três índices, o programa *GuidosToolbox* também disponibilizou arquivos para entrada e análise para o aplicativo Conefor (SAURA; TORNÉ, 2009), específico para análise de conectividade usando teoria de grafos. Desta análise, resultaram mais dois índices de conectividade: o Índice de Probabilidade de Conectividade – **PC**, e o Índice de Área Equivalente – **EC (PC)**. O PC tem como finalidade quantificar a conectividade funcional do habitat, sendo um índice adimensional e é baseado em um modelo de conexão probabilística, definido pela probabilidade de que dois pontos, inseridos aleatoriamente na paisagem, estejam em áreas acessíveis entre si. O EC (PC) é um Índice geral de conectividade, similar ao PC, porém expresso em unidades de área, possibilitando a comparação entre diferentes áreas, definido pelo tamanho que um único fragmento – sendo ele área de habitat interior, maximamente conectado – deveria ter para conseguir o mesmo valor do índice PC que o padrão destes fragmentos está provendo. Quanto maior o valor destes índices, a importância destas conexões é maior.

4.2.7.3.1.5. FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM

Este índice, relacionado com a fragmentação da paisagem, permite analisar o quão fragmentada uma determinada área se encontra, e comparar a fragmentação com outros locais a serem estudados; possibilita a análise, ainda, de como essa fragmentação se desenvolve em um determinado tempo. De acordo com Luz et al. (2018), a fragmentação pode ser considerada a forma como os elementos, ou objetos, do *foreground* de uma imagem estão distribuídos e quais são eles, levando em conta a quantidade destes elementos e a distância entre um e outro.

O cálculo dos índices de fragmentação considerou alguns aspectos básicos quando se analisa uma área fragmentada, tais como dualidade, perfurações, quantidade, divisão e como os objetos estão dispersos na imagem (LUZ et al., 2018). Foram gerados três diferentes índices: Índice de fragmentação da cobertura florestal natural (representando o *foreground*), índice de fragmentação das outras classes de uso e cobertura do solo (representando o *background*), e o índice de fragmentação de acordo com a hipsometria (representando a soma ponderada dos dois tipos de fragmentação citados acima). Todos os valores obtidos para estes índices foram normalizados no intervalo de 0 a 100%.

4.2.7.3.1.6. ANÁLISE DOS CORREDORES E CONECTORES ESTRUTURAIS NA PAISAGEM

A metodologia adotada para avaliação das zonas ripárias no âmbito das análises realizadas em escala de paisagem no IFN-BR baseia-se na conectividade estrutural destes ambientes como corredores de vegetação, no grau de pressão antrópica atuando sobre eles e na simulação de cenários para zonas de proteção ripária. São calculados índices integrados para efetuar um ranqueamento que permite a identificação de áreas prioritárias para a conservação ou restauração da paisagem, a exemplo do que foi realizado na Europa por Clerici et al. (2011).

A metodologia desenvolvida por Clerici et al. (2011) e aplicada às UAPs do IFN-BR sofreu algumas adaptações, já que não se dispõe de um mapa compreensivo de zonas ripárias para o território nacional. Assim, estabeleceu-se um valor fixo para delimitá-las - a exemplo do proposto por Ivits et al. (2009) - considerando a faixa máxima exigível pelo Código Florestal, que é de 500 m ao

longo de cada margem, para rios com 600 m de largura ou mais, em áreas não consolidadas.

A análise de conectividade estrutural se inicia com a aplicação da metodologia MSPA de segmentação de imagens implementada no software *GuidosToolbox*. Em seguida é gerado um grid poligonal com células de 500 x 500 m sobre toda a área da UAP e construída uma máscara correspondente à zona ripária (500 m de largura ao longo das margens dos rios). Todas as análises subsequentes foram realizadas apenas dentro dessa máscara e os índices foram calculados para cada célula de 1 hectare (100x100m).

Primeiramente são identificadas as células que contêm em seu interior pelo menos um fragmento ou polígono com cobertura arbórea/arbustiva pertencente às classes morfológicas “habitat interior” (área *core*) ou “ponte” (“*bridge*”). O **Índice de Corredores Estruturais** (ICE_c) revela a proporção da superfície ocupada pelas classes “*core*” e “*bridge*” em cada célula c de 1 ha. Regiões com densas redes de drenagem e extensas áreas naturais apresentam alto ICE_c . O índice pode ser calculado aplicando-se a equação (Equação 1):

$$ICE_c = \frac{B_c}{S} \quad \text{Equação 1}$$

em que:

B_c = superfície ocupada pelas classes *core* e *bridge* (em ha) na célula c ;

S = área da célula c (1 ha).

O **Índice de Corredores Estruturais sob Pressão Antrópica** (ICE_{A_c} , Equação 2) representa uma integração entre o ICE_c e informações sobre a proporção de áreas não-naturais (artificiais e agrícolas) na célula c de 100x100m. Sua aplicação permite identificar onde há presença significativa de corredores ripários estruturais coexistindo com paisagens antrópicas. Primeiramente calcula-se a proporção da superfície ocupada por classes de uso antrópico em cada célula de 1 ha (A_c) que pode ser obtida a partir da sobreposição do mapa de uso e cobertura da terra sobre as células selecionadas do grid de 500x500m (apenas aquelas onde ocorrem as classes *core* e *bridge*). Em seguida aplica-se a fórmula do índice:

$$ICE_{Ac} = ICE_c * A_c$$

Equação 2

Já o **Índice de Proteção em Corredores Estruturais sob Pressão Antrópica** (ICE_{AP_c} , Equação 3) representa uma integração entre o ICE_{Ac} e informações sobre a proporção de áreas com algum esquema de proteção. Para as UAPs, as zonas de proteção ripária são representadas por diferentes cenários (diferentes larguras de *buffer* ao longo de rios) que correspondem a limites estabelecidos no Novo Código Florestal para a recomposição de APPs em áreas consolidadas (5m, 8m, 15m, 20m, 30m, 100m). Na prática tais limites dependem da largura do rio e do tamanho da propriedade – neste trabalho foram considerados os resultados de apenas duas diferentes situações: 5 e 30 metros. Para cada cenário separadamente, calcula-se a proporção da superfície ocupada pela zona de proteção em cada célula de 1 ha (P_c) que pode ser obtida a partir da sobreposição do *buffer* respectivo sobre as células selecionadas do grid de 500x500m (apenas aquelas onde ocorrem as classes *core* e *bridge*). Em seguida aplica-se a fórmula do índice:

$$ICE_{AP_c} = \frac{ICE_{Ac}}{P_c}$$

Equação 3

Tal índice permite identificar quais as áreas que abrigam corredores, mas não possuem grau ou extensão de proteção adequados. Se houver poucas áreas protegidas (no denominador), o valor do índice vai aumentar. Altos valores de ICE_{AP_c} correspondem a um alto *ranking* atribuído à célula, indicando significativa presença de corredores ripários estruturais em condições de pressão antrópica e com pouco ou nenhum grau de proteção. Células com altos *scores* de ICE_{AP_c} representam regiões prioritárias potenciais para a conservação e manejo de corredores ripários.

4.2.7.3.1. FRAGSTATS

O *Fragstats* é um software bastante utilizado na ecologia da paisagem, possibilitando o cálculo de índices e métricas que caracterizam determinada paisagem ou território. No presente estudo selecionou-se o *Fragstats* visando à geração de índices já empregados com sucesso na avaliação e monitoramento de

paisagens pelo método SISPARES, mencionado anteriormente. Na TABELA 6 são apresentadas as métricas utilizadas para índices de composição, de configuração e índices combinados.

TABELA 6. MÉTRICAS UTILIZADAS NA GERAÇÃO DE ÍNDICES DE COMPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO NO SOFTWARE FRAGSTATS.

Tipo de Índice	Aspecto avaliado	Métricas
COMPOSIÇÃO	Riqueza da Paisagem	PR
	Floresta Natural	% F
	Outras Terras com Vegetação Lenhosa	% VL
	Árvores Fora da Floresta	% TOF
	Gramíneas e Herbáceas	% C
	Floresta Plantada	% R
	Solo Exposto	% S
	Agricultura e Pastagem	% A
	Influência Urbana	% U
	Superfície com Água	% H
CONFIGURAÇÃO	Densidade do Fragmento	PD
	Diversidade do fragmento	SHDI
	Índice de Forma Médio	MSI
	Conectividade	% (F+VL+TOF)
COMBINADOS	<i>"Interspersion and Juxtaposition"</i>	IJI
	Fragilidade	IFP

F= Floresta Natural; VL = Outras terras com vegetação lenhosa; TOF = Árvores fora da floresta; C = Gramíneas e Herbáceas; R = Floresta plantada; S = Solo exposto; A = Agricultura e Pastagem; U = Influência Urbana; H = Superfície com água.

FONTE: Adaptado do Projeto SISPARES (Sigparesweb)

Os índices de composição se referem à porcentagem da área de cada classe de uso e cobertura da terra dentro do limite de cada Unidade Amostral de Paisagem. Assim, como resultado destes cálculos tem-se a porcentagem de Floresta Natural, Outras Terras com Vegetação Lenhosa, Árvores Fora da Floresta, Gramíneas e Herbáceas, Floresta Plantada, Solo Exposto, Agricultura e Pastagem, Influência Urbana e Superfície com Água. Ainda no âmbito da composição, calculou-se o **Índice de Riqueza (PR)**, que indica a quantidade de diferentes tipos de uso e cobertura da terra.

Entre os índices de configuração da paisagem encontra-se o de **Densidade de fragmentos - PD**, que diz respeito ao padrão da paisagem. Como no caso da pesquisa, as áreas são sempre as mesmas (UAPs), a densidade e o número de fragmentos representam a mesma informação; isso seria diferente se as áreas totais

analisadas fossem variáveis. A densidade de fragmentos é igual ao número de fragmentos na paisagem, dividido pela área total (m²), convertido em hectares. Este índice não inclui o *background* ou fragmentos na borda da paisagem, e o resultado varia conforme se utilizem quatro ou oito pixels vizinhos na análise; na presente pesquisa foram considerados oito pixels.

Outro índice utilizado foi o **Índice de diversidade de Shannon (SHDI)**, aqui aplicado para paisagens e não para diversidade de espécies, como é normalmente utilizado. Quando seu valor é zero, pode-se considerar que a paisagem possui pouca diversidade; o valor aumenta de acordo com o aumento do número de diferentes tipos de cobertura – podendo aqui ser relacionado com a riqueza da paisagem. Para quantificar a abundância combinada com o tamanho desses fragmentos, o Índice de Complexidade dos fragmentos da paisagem, dado pelo **Índice de forma média – MSI**, envolve o perímetro e área dos fragmentos. Para o **Índice de Conectividade da Paisagem** - definida como sendo a continuidade de uma matriz com possibilidade de fluxos através da paisagem - calculou-se a porcentagem das superfícies de uso e cobertura com caráter arbóreo, tais como Floresta Natural, Outras Terras com Vegetação Lenhosa e Árvores Fora da Floresta, adaptado do modelo SISPARES.

No âmbito dos índices combinados, foram calculados os Índices de Intercalação e Justaposição e o Índice de Fragilidade. O ***Interspersion and Juxtaposition Index – IJI***, envolve contágio e mistura, baseando-se nos fragmentos adjacentes, combinando a complexidade dos fragmentos e a diversidade dos tipos de uso e cobertura. O **Índice de Fragilidade – IFP**, utilizado no sistema SISPARES de monitoramento, avalia estruturas que possuem alta mistura de fragmentos pertencentes a tipos de uso e cobertura bem contrastantes ecologicamente, como por exemplo, coberturas de caráter arbóreo e não arbóreo (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Este índice é avaliado por meio da combinação do IJI e do Contraste Florestal – Não Florestal, CAF. Esse contraste é definido pela equação 4:

$$\text{CAF} = (1 - [\text{Área Florestal} - \text{Área Não Florestal}]/100)$$

Equação 4

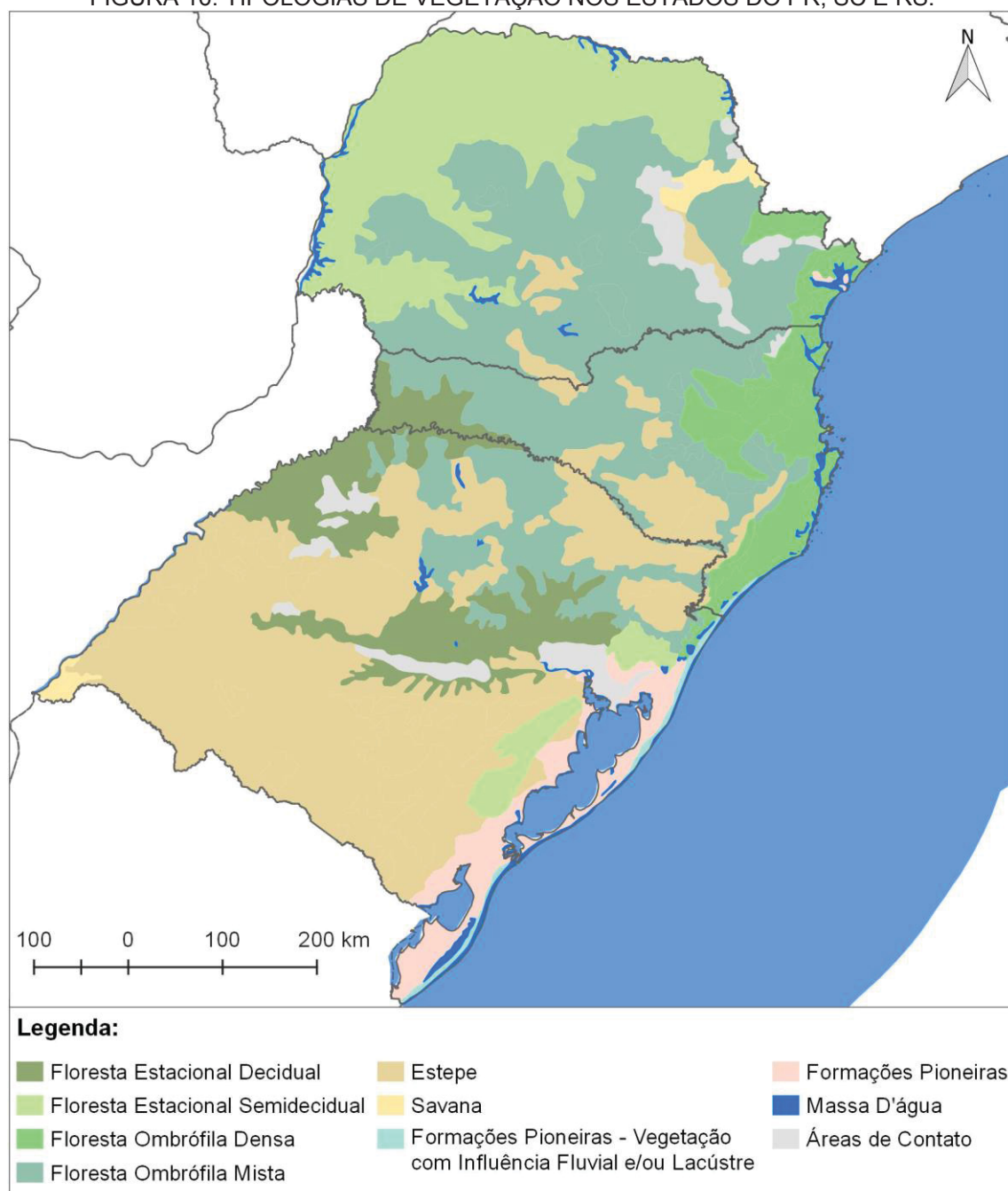
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. LOCALIZAÇÃO DAS UAPS SELECIONADAS

A seleção das Unidades Amostrais de Paisagem priorizou o critério de representatividade das diferentes unidades fitogeográficas presentes em toda a Região Sul. Para isso foram fundamentais os mapas de vegetação e de altimetria disponíveis para a área de estudo.

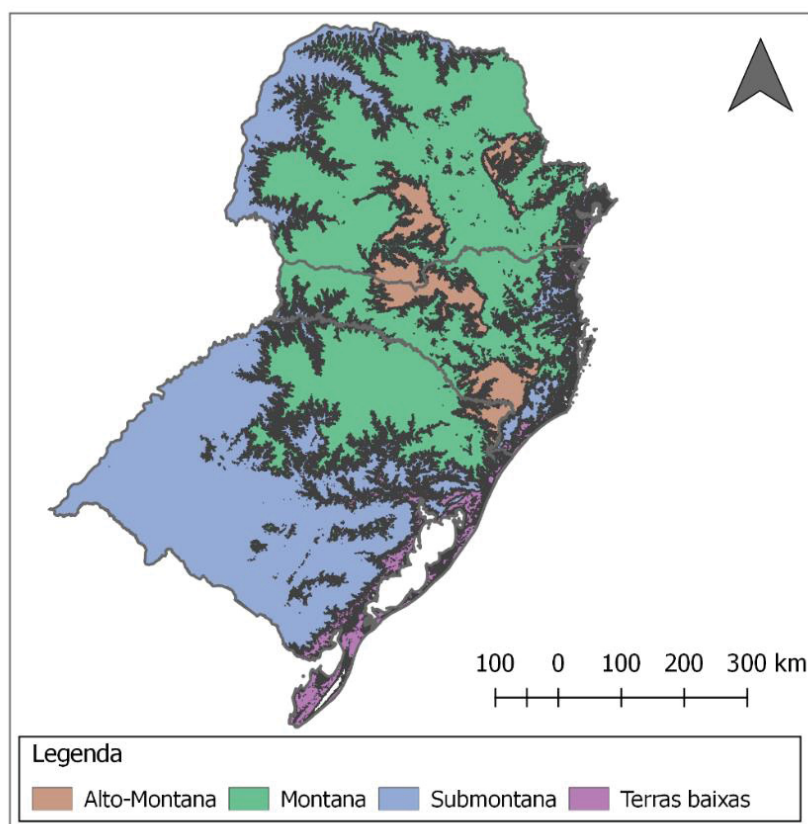
Observando a FIGURA 16, é possível ter uma visão geral da distribuição da vegetação do sul do Brasil, conforme resultados do projeto Radambrasil, adaptado de MAPA (2015) e disponibilizados digitalmente em formato *shapefile* para utilização em Sistemas de Informação Geográfica. Na FIGURA 17 são visualizados os estados que compõem a regiões do sul do Brasil com as suas respectivas altitudes, agrupadas nas categorias: terras baixas, submontana, montana e alto-montana.

FIGURA 16. TIPOLOGIAS DE VEGETAÇÃO NOS ESTADOS DO PR, SC E RS.



FONTE: Adaptado de MAPA (2015).

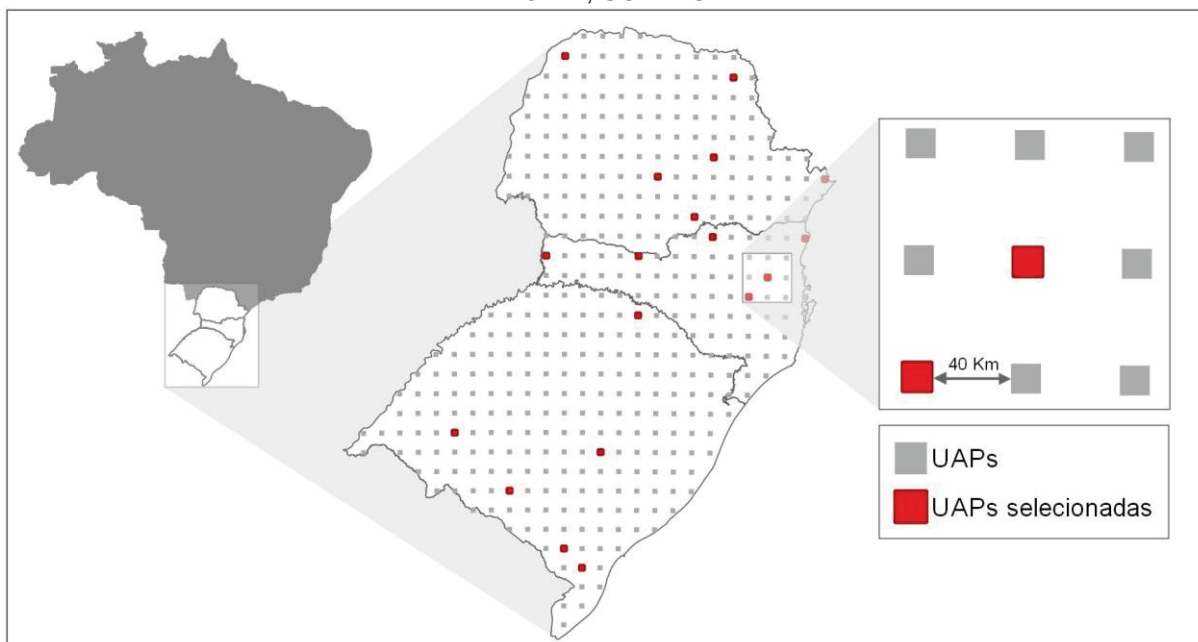
FIGURA 17. CLASSES DE ALTIMETRIA NOS ESTADOS DO PR, SC E RS.



FONTE: Adaptado de USGS (2004).

Para a seleção das Unidades Amostrais de Paisagem foram analisadas as diferentes tipologias florestais e as altitudes presentes dentro de cada estado. Como estratégia para melhor abranger a diversidade e heterogeneidade das paisagens, foram escolhidas, no total, 18 UAPs, sendo seis para cada estado. Dentro de cada estado procurou-se distribuí-las espacialmente nas direções extremo oeste, leste, norte e sul, além de alocá-las em regiões que apresentavam alguma variação importante a ser analisada e caracterizada. A disposição e distribuição das Unidades Amostrais de Paisagem selecionadas são mostradas na FIGURA 18.

FIGURA 18. DISPOSIÇÃO E CONFIGURAÇÃO DAS 18 UAPS SELECIONADAS NOS ESTADOS DO PR, SC E RS.



FONTE: O autor (2017).

5.1.1. PARANÁ

No estado do Paraná foram selecionadas Unidades Amostrais de Paisagem em altitudes classificadas como Submontana, Montana e Alto-Montana, contemplando as seguintes classes de vegetação: Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e área de contato Savana/Floresta Ombrófila Mista, tendo suas associações descritas na TABELA 7, onde estão identificadas de acordo com o *grid* oriundo do Inventário Florestal Nacional.

TABELA 7. TIPOLOGIA E ALTIMETRIA DAS UAPS-PILOTO NO ESTADO DO PARANÁ.

ID	TIPOLOGIA	ALTIMETRIA
1139	Floresta Ombrófila Mista	Montana
1268	Floresta Ombrófila Mista	Alto-Montana
1286	Floresta Ombrófila Densa	Submontana
1347	Contato Savana/Floresta Ombrófila Mista	Montana
1715	Floresta Estacional Semidecidual	Montana
1816	Floresta Estacional Semidecidual	Submontana

FONTE: O autor (2018).

As seis UAPs presentes no Paraná estão distribuídas a noroeste, sul, leste e

porção central do estado. Dessa forma, estas unidades abrangeram áreas do litoral e Serra do Mar, e também os outros três planaltos existentes: o 1º planalto – Planalto de Curitiba, 2º planalto – Planalto de Ponta Grossa e o 3º planalto – Planalto de Guarapuava (MAACK, 1968); neste último, a UAP está localizada no arenito Caiuá.

5.1.2. SANTA CATARINA

Em Santa Catarina, as altitudes em que as Unidades Amostrais de Paisagem foram alocadas foram: Terras Baixas, Submontana, Montana e Alto-Montana, abrangendo assim, as quatro possíveis classes de altimetria definidas por IBGE (2012). As tipologias presentes englobaram Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual e Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria. Na TABELA 8 são mostradas as associações tipologia-altimetria e a respectiva identificação de cada UAP de acordo com o *grid* do Inventário Florestal Nacional.

TABELA 8. TIPOLOGIA E ALTIMETRIA DAS UAPS-PILOTO NO ESTADO DE SANTA CATARINA.

ID	TIPOLOGIA	ALTIMETRIA
0913	Floresta Ombrófila Densa	Montana
0974	Floresta Ombrófila Densa	Submontana
1007	Floresta Estacional Decidual	Montana
1017	Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria	Alto-Montana
1082	Floresta Ombrófila Mista	Montana
1092	Floresta Ombrófila Densa	Terras Baixas

FONTE: O autor (2018).

As UAPs-piloto de Santa Catarina seguem uma disposição ampla, abrangendo o extremo oeste e leste, o norte do litoral e porções centro-norte do estado. Com isso, abrangem áreas tanto da planície costeira, na faixa próxima ao litoral, serras litorâneas – divisor do estado entre a planície costeira e a região do planalto central, e também no planalto que ocupa a maior parte do território catarinense, o Planalto Ocidental – local com uma altitude maior e onde podem ser encontrados remanescentes da Floresta com Araucária.

5.1.3. RIO GRANDE DO SUL

No estado do Rio Grande do Sul, as seis UAPs-piloto podem ser encontradas nas altitudes classificadas como Terras Baixas, Submontana e Montana, e com diferentes tipologias, distintas daquelas observadas no estado do Paraná e Santa Catarina, tais como: Formação Pioneira, Savana, Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria e Floresta Ombrófila Mista. Na TABELA 9 são mostradas as UAPs selecionadas e respectivas classes de altimetria e vegetação, bem como sua identificação segundo o *grid* oriundo do Inventário Florestal Nacional.

TABELA 9. TIPOLOGIA E ALTIMETRIA DAS UAPS-PILOTO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

ID	TIPOLOGIA	ALTIMETRIA
0029	Formação Pioneira	Terras Baixas
0045	Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria	Submontana
0158	Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria	Montana
0300	Savana	Submontana
0364	Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria	Submontana
0837	Floresta Ombrófila Mista	Montana

FONTE: O autor (2018).

Como no Rio Grande do Sul existem características bastante distintas daquelas encontradas nos outros dois estados do Sul do Brasil, as seis UAPs foram alocadas de forma a abranger essas características mais relevantes. Localizadas nas porções norte, sul, leste e central do estado, englobam as regiões do Pampa, mais próximas das fronteiras do estado com o Uruguai e Argentina, parte do Planalto Serrano que está situado na porção nordeste do estado e com altitudes mais elevadas, e, também, regiões das terras baixas – região Lagunar, com formações pioneiras.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS DE PAISAGEM

Durante a fase de reambulação do mapeamento de uso e cobertura da terra das UAPs-piloto, além da verificação sobre a correspondência entre as feições no campo e as mapeadas em laboratório, foram caracterizadas e interpretadas as paisagens das Unidades Amostrais. Nos itens subsequentes é apresentada a

caracterização das 18 Unidades Amostrais de Paisagem com base na avaliação visual *in situ* e imagens ilustrativas tomadas nos locais visitados pela equipe do projeto.

5.2.1. PARANÁ

Unidade Amostral de Paisagem 1139

A Unidade Amostral de Paisagem localizada mais ao sul do estado do Paraná é classificada, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015), como Floresta Ombrófila Mista Alto Montana e Montana. Está localizada na cidade de Mallet, próximo a São Mateus do Sul.

É possível notar que nesta área não existem grandes propriedades com produções em larga escala. Predominam as pequenas e médias propriedades, com hortas e pomares próprios, caracterizando cultivos de subsistência, tais como de uva, pêssegos, soja, milho, dentre outras culturas, apenas para o consumo dos produtores. Entretanto, em se tratando do cultivo de soja, foram observadas algumas áreas mais extensas, bem como para fumo e erva-mate. Muitos dos pequenos produtores aderem ao cultivo do fumo para sobreviver, considerando que os programas de fomento de grandes empresas incluem assistência técnica, facilidades para a colheita e escoamento da produção e garantia de compra a preços pré-fixados. Nessas propriedades existem estufas de fumo para a produção.

Quando o uso é floresta plantada, observam-se pequenos talhões de *Eucalyptus sp*, utilizados, principalmente, como fonte de energia para secagem nas estufas de fumo dos pequenos produtores. As maiores extensões de floresta plantada, no entanto, contêm plantios de *Pinus sp*, eventualmente de propriedade de empresas de maior porte e, ao redor dos quais se observam os pequenos talhões de *Eucalyptus sp*.

Em toda a área da UAP se nota um mosaico bem recortado, composto por talhões de florestas plantadas, agricultura (soja e milho – em maiores proporções) e as pequenas e médias propriedades. A conformação do acesso às propriedades em linhas e a distribuição das feições em mosaico se deve, em grande parte, aos colonizadores da cidade de Mallet. Imigrantes europeus poloneses foram os primeiros a colonizar a região, seguidos por ucranianos e austríacos. Externamente a esse mosaico de forma quadrada, pode-se observar grande quantidade de floresta

natural representada pela Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado e com presença de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze (araucária). Isso demonstra que os fragmentos presentes nessa UAP são relativamente conservados quando comparados aos de outras UAPs visitadas.

Não se observa uso para pecuária intensiva, mas apenas animais em pequenas quantidades, distribuídos ao longo das pequenas propriedades existentes. Possivelmente produtos como carne, leite e derivados também são destinados a consumo próprio. O relevo da UAP pode ser considerado como suave ondulado a ondulado, observando-se que, em locais de maior declividade, é maior a presença de florestas naturais.

As estradas dentro dos limites da UAP não se encontram bem conservadas, sendo, em sua maioria, estradas não pavimentadas, tais como a estrada estadual, PR 281 – Guilherme Kantor, que corta a UAP no sentido leste-oeste. No entorno da UAP, fora dos seus limites, encontra-se a rodovia BR 476, com boas condições de acesso. Esta Unidade Amostral foi visitada e avaliada no dia 14 de dezembro de 2017.

Unidade Amostral de Paisagem 1268

A Unidade Amostral de Paisagem 1268 está classificada, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado por IBGE (MAPA, 2015), como Floresta Ombrófila Mista Alto Montana. Localiza-se entre os municípios de Turvo e Guarapuava, na região central do Paraná.

Essa UAP se caracteriza pela presença de pequenas propriedades rurais distribuídas ao longo de sua extensão, contendo áreas de pequenos cultivos agrícolas de subsistência, tais como milho, mandioca, hortaliças, erva-mate, pomar. Observam-se pequenos rebanhos de gado de leite e, em menor quantidade, de ovinos. Na porção sudoeste da UAP, pode-se notar uma área bastante extensa de plantação de soja, distinta do padrão observado no restante da Unidade, uma vez que se trata de plantio comercial.

Observam-se, também, áreas de consórcio, tal como milho e araucária, visando um melhor aproveitamento do local. As florestas plantadas são representadas por plantios de *Pinus sp*, ocupando uma extensa área da UAP e também talhões de *Eucalyptus sp*, em menor proporção.

O relevo da área pode ser considerado como fortemente ondulado,

observando-se, nos lugares mais altos, vários indivíduos de *Mimosa scabrella* (bracatinga) e florestas naturais, embora não constituam o uso predominante na UAP. Esses fragmentos entremeiam-se com áreas de agricultura e pecuária de subsistência, formando mosaicos. Há grande quantidade de araucária nos fragmentos e, eventualmente, observa-se sua associação com xaxim, em pequenas áreas mais fechadas, sombreadas e de clima mais ameno.

Em relação às estradas e rodovias, apenas uma é pavimentada (BR 466), situando-se externamente à área. As estradas empregadas para circular dentro da UAP são não-pavimentadas, bastante íngremes em alguns pontos, exigindo veículo adaptados a essas condições de terreno. Esta área foi visitada e avaliada no dia 13 de dezembro de 2017.

Unidade Amostral de Paisagem 1286

Segundo o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - esta Unidade Amostral de Paisagem é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa, em uma altitude classificada como Submontana. Está localizada no extremo leste do estado do Paraná, mais ao norte da costa, próximo à divisa com o estado de São Paulo. Esta UAP possui uma porção significativa de sua área na Reserva Natural Salto Morato, do município de Guaraqueçaba.

Por ser uma área de Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN, o local em que a unidade está inserida é reconhecido como o maior remanescente contínuo de Mata Atlântica do Brasil, contribuindo para a conservação desse bioma. Assim, não há áreas antropizadas ou qualquer influência urbana, sendo totalmente recoberta por florestas naturais. Em relação à hidrografia local, a UAP se insere na região ocupada pela sub-bacia de Paranaguá.

O relevo da região é caracterizado por áreas mais acidentadas, com altitudes variando entre, aproximadamente, 25 a 918 metros. Para acesso desta Unidade Amostral, a única rodovia é a PR 405, estrada Cacatu-Guaraqueçaba, que cruza uma pequena parte da porção oeste da UAP; outras estradas são apenas rurais, não-pavimentadas, cortando a área no sentido norte-sul.

Esta Unidade Amostral difere das outras por estar situada em uma Reserva Natural, o que lhe confere homogeneidade quanto à cobertura e uso da terra, predominantemente ocupada por floresta natural.

Unidade Amostral de Paisagem 1347

Esta Unidade Amostral de Paisagem, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - é denominada como área de contato Savana – Floresta Ombrófila Mista, em uma altitude caracterizada como Montana. Está localizada a noroeste da cidade de Ponta Grossa, na porção centro-leste do estado do Paraná.

As classes de uso e cobertura da terra mais abundantes na área avaliada são três: agricultura, floresta natural e floresta plantada. Apesar de classificada como Floresta Ombrófila Mista, se observam poucas Araucárias distribuídas ao longo da paisagem. Vegetação em estado médio e avançado de sucessão ocorre apenas nas áreas que circundam os rios presentes. Essa vegetação secundária, de floresta natural, é encontrada em áreas de preservação permanente, ou onde a declividade dificulta o uso agrícola. O uso predominante na UAP é agricultura, com distribuição praticamente contínua, interrompida apenas em função da ocorrência esporádica de classes de relevo mais íngremes e não adequadas à produção agrícola.

Distribuídos de forma esparsa pela área da UAP, podem ser vistos diversos talhões de florestas plantadas, circundados por florestas naturais. A UAP é cortada pelo rio Tibagi - o segundo em extensão no estado do Paraná - percorrendo o estado no sentido de sul para norte.

O relevo observado pode ser caracterizado como suave ondulado, notando-se áreas mais baixas quando há presença de rios ou presença de florestas de galeria. As estradas que cortam a UAP são, em sua maioria, estradas simples não-pavimentadas, existindo apenas uma grande rodovia na porção sudoeste do perímetro da unidade, a BR 376.

Unidade Amostral de Paisagem 1715

De acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - esta Unidade Amostral de Paisagem é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual, na altitude classificada como Montana. A UAP está localizada próxima à cidade de Jacarezinho, no Paraná, e também de Ourinhos, já no estado de São Paulo. Dentro dos limites da Unidade, tem-se dois limites de município: Santo Antônio da Platina com Guapirama, ocupando grande porção da área da UAP; e Joaquim Távora com Guapirama, com uma porção pequena da cidade de Joaquim Távora nos limites da UAP.

Nessa UAP é ressaltada a presença massiva de florestas nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo de toda a rede de drenagem encontrada, bastante densa nessa Unidade Amostral. Por outro lado, há poucas áreas destinadas à agricultura. É visível a baixa fertilidade do solo, constatada por sua tonalidade, denotando uma baixa produtividade da terra.

O uso e cobertura que predominam nesta Unidade Amostral são pastagens localizadas em grandes propriedades rurais. Não foram observados pequenos produtores rurais. Nas extensas áreas ocupadas por gado também se observam muitas árvores distribuídas de forma aleatória, caracterizando pastagens cultivadas associadas a componente arbóreo. Também foram observados alguns talhões de *Eucalyptus sp.*

O relevo que caracteriza a área é ondulado, observando-se muitos morros com pequenos grupos de árvores em seus topos. Também há áreas que apresentam erosão severa. A drenagem é composta pelo Rio Ribeirão Bonito, encontrando-se pequenos lagos e açudes na paisagem.

Em relação à acessibilidade para esta área, tem-se duas rodovias que cortam a UAP em forma de Y, sendo uma federal – BR 153, e outra estadual – PR 092, facilitando o acesso a todas as áreas da Unidade Amostral. Esta UAP foi visitada e avaliada no dia 11 de dezembro de 2017.

Unidade Amostral de Paisagem 1816

Esta Unidade Amostral de Paisagem é caracterizada, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - como Floresta Estacional Semidecidual nas altitudes Montana e Submontana. Está localizada próxima à cidade de Loanda, no extremo noroeste do Paraná.

Uma das principais características dessa UAP é estar situada no arenito Caiuá. Nessa região de solos mais frágeis, mais pobres e com uma porcentagem muito maior de areia do que de argila, foram adotadas técnicas conservacionistas na agricultura e nos próprios plantios florestais. Observou-se, por exemplo, o terraceamento na agricultura, e também o uso de cerca viva, com o plantio de *Eucalyptus sp* no entorno de cultivos agrícolas, como coadjuvante no controle da erosão.

Em relação ao uso e cobertura com florestas plantadas, pôde-se observar escassos talhões pequenos de *Eucalyptus sp* distribuídos na área da Unidade

Amostral. Também foram encontradas áreas com sistemas ILPF (Integração lavoura, pecuária e floresta). São poucas as áreas com florestas naturais, representadas por pequenos fragmentos e, em sua maioria, constituem RPPNs – Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

De forma geral, o uso e cobertura da terra majoritários nessa área são agricultura e pastagem, porém com predominância de pastagem e rebanhos dispersos por toda a região. Na agricultura observou-se plantações de mandioca e algumas culturas alternativas de produtores que se adequaram às condições de produtividade do solo, como por exemplo, o cultivo de abacaxi. Além disso, dentro dos limites da UAP, notou-se presença de um grande aviário da região.

Na área mais baixa da Unidade encontra-se um afluente do rio Ivaí, e no seu entorno, uma pequena Área de Preservação Permanente – APP, acompanhando seu percurso e coberta por floresta natural. A classe “Superfície com água” está representada por inúmeros pequenos açudes, construídos com a finalidade de servir como bebedouro para o gado. O tamanho das propriedades rurais presentes na UAP segue o padrão regional de média propriedade. Importante, ainda, ressaltar que se nota uma significativa perda de solo devido à presença de erosão, com inúmeras voçorocas.

O terreno encontrado em toda a área da UAP pode ser considerado como suave ondulado, sem a presença de morros íngremes. A rodovia que mais se aproxima da área é a PR 182, localizada na porção leste, fora da UAP, de melhor acessibilidade e com boas condições. Na área visitada, as estradas eram simples e muitas vezes não-pavimentadas, encontrando-se em más condições devido à chuva, mas de forma geral provendo bom acesso a todas as porções da UAP. Essa Unidade Amostral foi visitada e avaliada no dia 12 de dezembro de 2017.

É importante ressaltar que na visita à campo, verificou-se ausência de fragmentos com a tipologia característica dessa região, a Floresta Estacional Semidecidual, substituída por pecuária e agricultura.

5.2.2. SANTA CATARINA

Unidade Amostral de Paisagem 0913

Como consta na classificação do Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - nessa Unidade Amostral de Paisagem predomina a tipologia de

Floresta Ombrófila Densa, em sua maioria com altitude Montana, porém com pequena porção em Submontana. A cobertura original encontra-se alterada, considerando que a área possui extensão significativa de agricultura. A localização da UAP, mais a leste do estado de Santa Catarina, não engloba nenhuma cidade dentro de seus limites, mas em suas proximidades está situada a cidade de Ituporanga e o pequeno município de Aurora.

Esta Unidade Amostral é caracterizada por um relevo suave-ondulado, com pequenos desníveis. Observa-se que em altitudes mais altas, há presença de árvores, mas em sua maioria a cobertura já é antropizada, com uso agrícola. A cobertura florestal presente aparece na forma de talhões de *Eucalyptus sp* ou árvores esparsas em áreas de culturas agrícolas, ou, ainda, aquelas no entorno da rede de drenagem local. Observam-se edificações rurais (residências de moradores locais), circundadas por agricultura, campos e florestas.

Próximo à rodovia presente a leste da UAP - a SC-350, uma das estradas pavimentadas que dão acesso à área - existe um rio com significativa presença de árvores em uma de suas margens, já que na outra se encontra a estrada. Essas drenagens são encontradas em locais com altitudes mais baixas, podendo-se observar árvores no seu entorno, quando presentes. A existência de outra estrada, no sul da área da UAP (SC- 407) complementa as possibilidades de acesso à Unidade Amostral.

Unidade Amostral de Paisagem 0974

A Unidade Amostral de Paisagem localizada próxima à cidade de Blumenau, em Santa Catarina, é caracterizada pelo Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - como Floresta Ombrófila Densa Submontana e Montana, variando de acordo com a altitude em que a tipologia é encontrada.

Esta área se encontra mais a leste do estado e tem predominância da classe floresta, sendo pouco recoberta por área urbana ou outras classes de uso e cobertura. É possível notar que outras classes que aparecem nesta área são plantações florestais, distribuídas ao longo das florestas naturais ou em locais não tão declivosos. Os reflorestamentos podem ser encontrados, também, à margem das estradas, onde há fácil acesso para maquinários, cuja presença é observada nas estradas não-pavimentadas no entorno dos plantios. Esses maquinários também estão relacionados a culturas agrícolas, que são encontradas na área, porém, em

menor número. As culturas agrícolas inseridas nesse local, principalmente nas planícies, são de cultivo de arroz, facilmente identificáveis pelo delineamento da drenagem na cultura.

Seu relevo pode ser caracterizado como suave-ondulado a ondulado, sendo a área cortada por estradas não-pavimentadas. O acesso é bom, podendo-se percorrer a UAP por meio de estradas mais simples ou até mesmo por rodovias, presentes mais a oeste e norte da Unidade (BR-470 e SC 110 – Rodovia Ingo Hering, respectivamente).

Unidade Amostral de Paisagem 1007

Caracterizada pelo Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - como Floresta Estacional Decidual Montana, esta Unidade Amostral de Paisagem está localizada no extremo oeste do estado de Santa Catarina. Além desta tipologia em altitude Montana, também ocorrem formações Submontanas.

O relevo da maior parte da área abrangida pela UAP é ondulado, existindo, porém, pequenas superfícies com terreno fortemente ondulado. A cobertura é constituída por um mosaico de pastagens, de culturas agrícolas e de remanescentes florestais de dimensões médias, localizados nas encostas e ao longo das drenagens. Inúmeros rios e arroios compõem a rede hidrográfica da UAP, destacando-se o rio do Índio. Os pastos também possuem árvores esparsas. Talhões de *Eucalyptus sp* são encontrados principalmente nas partes mais altas da UAP, muitas vezes contíguos a fragmentos de floresta natural. Em alguns desses fragmentos se observa a presença da espécie *Araucaria angustifolia*, o que caracteriza uma área de transição ou ecótono entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Estacional Decidual.

A área está praticamente dominada pela classe de uso e cobertura da cultura agrícola, predominando a associação agricultura e pastagem. Observam-se plantios em larga escala de milho, mas, no geral, a estrutura fundiária se caracteriza pela presença de pequenas e médias propriedades que revelam um bom padrão socioeconômico.

É possível detectar grandes extensões de áreas destinadas às pastagens, com a presença de rebanho bovino, inclusive gado de leite. Observa-se, também, a prática de rotatividade de culturas agrícolas, identificável pelas diferentes tonalidades e tamanhos das áreas.

A UAP engloba a cidade de Paraíso - SC no quadrante noroeste, já próxima à fronteira com a Argentina, delimitada pelo rio Peperi-guaçu. Após a divisa encontra-se o Bosque Modelo San Pedro, cujas florestas primárias e em estado avançado de regeneração contrastam fortemente com o uso e cobertura mais antropizados da UAP no lado brasileiro. Vizinha à porção sudeste da UAP está São Miguel do Oeste - SC, uma cidade bem desenvolvida. Existem muitas estradas que dão acesso a diferentes pontos da Unidade Amostrai, sendo, na maioria, não-pavimentadas, com exceção da rodovia BR-282, que corta a UAP de sudeste a noroeste, e a partir da qual se dá o acesso às outras estradas.

Unidade Amostrai de Paisagem 1017

Esta Unidade Amostrai de Paisagem está localizada a noroeste do estado de Santa Catarina, na divisa com o estado do Paraná, próxima à cidade de Palmas. De acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - esta área tem como característica a predominância de Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria Alto-Montana. Além desta tipologia, contém pequenas parcelas de áreas com Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana.

Nas dobras do relevo suave-ondulado encaixam-se capões de floresta natural com presença de *Araucaria angustifolia*. O maior deles encontra-se na porção sudoeste da UAP, com grande quantidade de indivíduos dessa espécie. Também há áreas de capoeiras (estágio inicial de regeneração) em baixadas, contíguas aos capões e a plantios de soja. Estes, por sua vez, formam mosaicos com gramíneas e herbáceas (campos nativos) e áreas de pousio. De maneira geral, nesta UAP, o mosaico de usos possui forte presença florestal. Nas áreas de pastoreio sob dossel de floresta natural observa-se regeneração abundante de *Araucaria angustifolia*.

Predominam as grandes propriedades com extensas áreas de pastoreio e reflorestamentos de *Pinus sp*, principalmente nas porções oeste, sul e leste da UAP. Há plantios relativamente jovens (do ano 2016) em encostas onde ainda podem ser vistos alguns indivíduos de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*, remanescentes dos fragmentos de floresta natural.

Um parque eólico está concentrado, principalmente, na parte norte da UAP, próximo aos talhões de florestas plantadas. Além disso, uma pequena central hidrelétrica está instalada no interior da UAP (PCH Passos Maia). Muitos açudes

estão distribuídos pelos pastos e o Rio Chapecó é o principal curso d'água presente na UAP. Também se observa a presença de cascalheiras para a retirada de material de manutenção de estradas rurais.

A influência urbana é praticamente inexistente, havendo apenas edificações rurais, sede das propriedades, com acesso por estradas não-pavimentadas. A rede viária permite a circulação em grande parte da UAP. Ao longo de todo o limite norte da Unidade existe uma rodovia, a BR-280, que corta a UAP no sentido Leste-Oeste, dando acesso às estradas vicinais.

Unidade Amostral de Paisagem 1082

A Unidade Amostral de Paisagem está localizada imediatamente ao sul da cidade de Canoinhas, centro-norte de Santa Catarina, e próxima à cidade de Bela Vista do Toldo-SC. De acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - esta área está inserida na tipologia denominada Floresta Ombrófila Mista em uma altitude considerada Montana.

Esta Unidade Amostral se caracteriza por uma configuração em mosaico bastante recortado, com grande quantidade de áreas com agricultura. As florestas são encontradas, na maioria das vezes, ao longo de rios e no entorno de corpos d'água. O limite oeste da UAP abriga pequena porção do Corredor Ecológico do (rio) Timbó. É possível observar cobertura de Floresta Natural e também talhões de floresta plantada, na sua maioria de *Eucalyptus* sp. Assim, os usos predominantes são agricultura, floresta natural e floresta plantada, sendo a cobertura das demais classes mínima ou não significativa. Aparecem, também, franjas de nativas como leiras entre campos cultivados, provavelmente dividindo propriedades ou diferentes campos na mesma propriedade. O relevo varia de suave-ondulado a ondulado, embora a região leste da UAP contenha superfícies de relevo plano.

Predominam as pequenas propriedades. Foram observadas diversas áreas com sistemas de produção bracatinga/erva-mate/araucária e intensa regeneração da espécie *Araucaria angustifolia*. Principalmente a porção centro-norte da UAP é caracterizada por minifúndios e sistemas de caívas (faxinais) – um sistema coletivo de posse e uso da terra - com pastoreio sob dossel e adensamento com erva-mate. Em áreas mais próximas de cultivos agrícolas, observa-se presença massiva de taquaras nas bordas. Nas poucas propriedades de porte médio encontradas, os cultivos predominantes são de soja e, em menor quantidade, milho. A pecuária é do

tipo extensiva e em alguns locais observa-se o plantio de pasto sob árvores esparsas. A presença de vários galpões para a criação de aves indica a provável existência de um sistema de fomento a essa atividade patrocinado por empresas do setor.

Os talhões de *Eucalyptus sp* se encontram, principalmente, nas cumeadas de montes e nas porções mais altas do terreno. Como se observam pequenas culturas de fumo, a madeira do eucalipto é empregada como fonte de energia para secagem. Na porção leste da UAP encontra-se um talhão de *Araucaria angustifolia* plantado em espaçamento denso.

Por estar mais próxima a algumas cidades, nota-se, nesta UAP, uma maior influência urbana, representada por uma quantidade maior de casas e propriedades rurais. As estradas são, na maioria, não-pavimentadas, porém em bom estado de manutenção e formando densa rede viária, o que inclui uma estrada que faz a ligação das cidades Bela Vista do Toldo e Major Vieira. A BR-477, rodovia asfaltada, corta parte da porção leste da UAP.

Unidade Amostral de Paisagem 1092

Esta Unidade Amostral de Paisagem engloba a cidade de São Francisco do Sul, no extremo leste do estado, e ao norte da costa de Santa Catarina. Segundo o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - a área está inserida na tipologia Floresta Ombrófila Densa, e em sua maioria, na altitude de Terras Baixas, com algumas regiões consideradas, já, como Submontana.

Na área nordeste da UAP, a predominância do uso e cobertura da terra é a influência urbana, representada pela cidade de São Francisco do Sul, com presença de veículos, mercados e outras edificações. Além desta influência totalmente urbana, há uma grande área de superfície com água, chamada Lagoa Canal do Linguado, pertencente à Baía da Babitonga e constituindo a ligação entre esta Baía e o Oceano Atlântico. A Lagoa fica situada entre a ilha de São Francisco do Sul e o continente. Em toda a porção restante da Unidade Amostral de Paisagem, tem-se cobertura florestal da classe Floresta Ombrófila Densa, incluindo Unidades de Conservação, tais como o Parque Estadual Acaraí.

A rede viária é densa, sendo constituída, em sua maioria, por estradas não-pavimentadas de relevo pouco acentuado, compatível com a caracterização da área (terras baixas). As rodovias pavimentadas, que facilitam o deslocamento dentro da

UAP, são a Duque de Caxias mais ao norte, e a Olívio Nóbrega mais ao sul (BR-280), ambas localizadas mais a oeste da Unidade Amostral.

5.2.3. RIO GRANDE DO SUL

Unidade Amostral de Paisagem 0029

Esta Unidade Amostral de Paisagem é caracterizada, segundo o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - como Formação Pioneira de Terras Baixas, estando inserida totalmente no município de Arroio Grande, RS.

Esta UAP possui relevo essencialmente plano, caracterizada por grandes extensões de arroz irrigado, com presença de canais e também de muitos maquinários agrícolas – para colheita e manutenção da cultura do arroz. Notam-se muitas casas pequenas, supostamente de moradores locais, trabalhadores e/ou mão-de-obra das culturas presentes nessas áreas. O arroz é plantado em setembro/outubro e colhido em abril e o sistema de cultivo é o tradicional com a desseca química (produtos aplicados por avião agrícola) antes da aração e semeadura. Nos talhões já colhidos (maio/2017) observa-se o pastoreio de bovinos. Em termos de floresta plantada, também estão presentes pequenos talhões de *Eucalyptus* sp e algumas árvores isoladas ou em agrupamentos; os talhões de *Eucalyptus* sp são empregados para fornecer energia para os secadores de grãos.

Algumas áreas da unidade possuem coloração de verde mais vivo no terreno, explicado pelas parcelas onde o arroz foi cortado há mais tempo e onde se instalaram espécies gramíneas do banco de sementes, com fitofisionomia similar à de campos nativos, e algumas destas parcelas podem não ter sido manejadas com culturas agrícolas por décadas. Quanto ao acesso desta unidade, há uma estrada municipal que entra na UAP em sua porção Noroeste em ângulo de mais ou menos 30° e depois sofre flexão em direção ao sul. Em relação à hidrografia local, tem-se o rio Arroio Grande – que deságua na Lagoa Mirim – e corta a UAP na região Nordeste. Existem também algumas áreas próximas à lagoa do Jacaré que mantêm vegetação natural e são esporadicamente alagadas na época de chuvas.

Esta Unidade Amostral de Paisagem foi avaliada e caracterizada em campo no dia 04 de maio de 2017, sendo considerada um local de fácil acesso, com rede viária de estradas rurais, sendo necessário obter autorização para circulação em área de uma empresa próxima a um lago na porção sudeste da UAP. Foi possível

percorrer grande parte da área de demarcação de 10km x 10km.

Unidade Amostral de Paisagem 0045

Esta Unidade Amostral de Paisagem está localizada no município de Herval, no estado do Rio Grande do Sul, apresentando vegetação do tipo Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015) - em uma altitude classificada como Submontana. Sua localização é no município de Herval, próximo ao município de Jaguarão e Arroio Grande, RS.

A paisagem é caracterizada por um relevo ondulado onde se mesclam áreas de campos nativos alterados (sujos e limpos) com pastoreio misto de bovinos e ovinos (ambos extensivos), campos cultivados (pastagem plantada, agricultura), entremeados de áreas de florestas naturais geralmente em formato de cordões acompanhando a drenagem ou, então, em pequenos capões, não necessariamente ao longo de cursos d'água.

As fazendas quase sempre têm pequenas faixas de vegetação arbórea ou arbóreo-arbustiva acompanhando os limites ao longo da estrada principal e das secundárias, sendo as florestas nativas predominantes e os reflorestamentos, escassos. Os cordões de floresta junto às drenagens às vezes parecem não estar vinculados às APPs, mas, sim, às curvas de nível ou "leiras". Em avaliação visual, o relevo se apresenta suave ondulado a ondulado com declives entre 3 e 20%. Em relação às estradas presentes nos limites desta UAP, tem-se a rodovia BR-473, que corta o terço Norte da UAP no sentido leste-oeste e se localiza sobre um divisor de águas.

Esta Unidade Amostral de Paisagem foi avaliada e caracterizada em campo no dia 03 de maio de 2017, tendo sido considerada como um local de fácil acesso. A rede viária é constituída por estradas rurais e rodovias, sendo possível percorrer grande parte da área de demarcação de 10km x 10km.

Unidade Amostral de Paisagem 0158

Esta Unidade Amostral de Paisagem está inserida em uma área caracterizada como Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015). Tem sua localização próxima ao município de Bagé, na divisa entre os municípios Dom

Pedrito e Lavras do Sul, RS.

Esta UAP é bastante característica da região do Pampa Gaúcho, apresentando campos por vezes “sujos” com moitas, painas, touceiras, carqueja e vegetação espinhosa. Seu relevo é caracterizado como suave ondulado, com grandes extensões de gramíneas e herbáceas com pastoreio de bovinos, ovinos e, em menor quantidade, equinos. Existem, igualmente, áreas de cultivo agrícola, tais como soja e milho.

Das colinas mais altas consegue-se uma ampla visão da paisagem, com cerca de 360° de horizonte, notando-se que a UAP conta, também, com maciços de *Eucalyptus* sp distribuídos em pequenos talhões com finalidade de energia e sombra para os animais ali presentes, sendo, portanto, pequenas superfícies ou talhões agrupados, classificados, dependendo da área, como árvores fora da floresta – TOFs. Nos topos das colinas estão as casas-sede das estâncias e muitas vezes há cemitérios ou capelinhas de jazigo, sempre com pequenos talhões de *Eucalyptus* sp próximos, sendo possível observar, também perto dessas casas, pequenas áreas com pastagem plantada (provavelmente de azevém e/ou aveia), à semelhança de pasto, sem touceiras ou outros tipos de arbusto ou herbáceas. Aventa-se a hipótese de que se trate de campo nativo alterado onde foi executada uma roçada para reduzir a altura da vegetação e facilitar o manejo, principalmente para pastoreio. Eventualmente poderia se tratar de pastagem perene plantada e manejada já há alguns anos.

Quanto à hidrografia do local, tem-se o Arroio Taquarembó que corta a UAP na região Nordeste e divide o município de Dom Pedrito do de Lavras do Sul, e em algumas regiões com declives mais acentuados, se observam capões ou matas de galeria acompanhando a drenagem. Observou-se, também, uma grande quantidade de lagos e várzeas, sendo estes muitas vezes cobertos por aguapés, o que causa uma certa confusão na classificação das imagens por satélite, pelo fato de a resposta espectral ser semelhante à de florestas.

Esta Unidade Amostral de Paisagem foi avaliada e caracterizada em campo no dia 05 de maio de 2017 e pode ser considerada um local de acesso fácil, porém com velocidade de deslocamento reduzida em função da má condição das estradas rurais. Toda a área foi visitada, podendo-se alcançar quase todos os pontos de dúvida ou áreas de possível confusão espectral na imagem de satélite.

Unidade Amostral de Paisagem 0300

A vegetação desta Unidade Amostral de Paisagem está definida pelo Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015), como predominantemente Savana submontana, situada na divisa dos municípios de Rio Pardo, Pântano Grande e Encruzilhada do Sul.

Esta UAP é caracterizada por possuir terreno plano a suave ondulado, contando com uma rodovia, a BR-290 (rodovia Osvaldo Aranha), que corta a UAP no sentido E-W. Sua paisagem possui uma mescla de campos cultivados (agricultura) e campos nativos alterados, observando-se grandes extensões de cultivo de soja e cultura de arroz – sendo que na época de colheita, as áreas “nuas” são revestidas pela cobertura de inverno, sendo predominante a agricultura intensiva. Ainda no âmbito da agricultura, se observam inúmeras barragens (açudes) como espelhos d’água, necessários, entre outras coisas, para o manejo da cultura de arroz. Nota-se que algumas porções da imagem que aparecem como agricultura estão, hoje, em regime de pousio, com características semelhantes ao campo nativo, embora alterados em sua composição.

Quanto às áreas com floresta plantada, há presença de inúmeros pequenos talhões de *Eucalyptus* sp., cujas bordas contêm linhas de vegetação arbustiva. Os rios presentes nos limites desta UAP são dois, o Arroio Iruí (sudoeste da UAP) e o Arroio Dom Marcos, observando-se matas ciliares com jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) acompanhando as drenagens e ocorrência de matas de galeria. Nas demais depressões, as APPs caracterizam-se apenas pela presença de capim alto. Em relação à pastagem da região, o pastoreio observado estava situado nos campos nativos alterados, sendo um pastoreio extensivo com rebanho bovino.

Esta Unidade Amostral de Paisagem foi avaliada e caracterizada em campo no dia 07 de maio de 2017 e está inserida em uma área de depressão, sendo seu acesso fácil por possuir uma rodovia que cruza toda a porção da UAP, sentido leste-oeste da demarcação da área. Além da rodovia, foram empregados acessos por meio de uma estrada rural não pavimentada, sem obstáculos, para alcançar áreas mais ao sul da UAP.

Unidade Amostral de Paisagem 0364

Esta Unidade Amostral de Paisagem está classificada como Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria submontana, segundo o Projeto

Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015), e localizada dentro do município de Alegrete, RS. O termo Estepe é caracterizado pela presença de campos naturais alterados ou, segundo o critério de classificação empregado no projeto, gramíneas e herbáceas. Savana é o nome dado a áreas compostas por arbustos ou árvores de pequeno porte, como, por exemplo, o tipo de vegetação denominado “*shrubs*”, ou de forma geral, áreas que possuem algum componente lenhoso.

A UAP pode ser visualmente caracterizada como de relevo plano a ondulado (dois níveis: plano na baixada, aclives para pequenos platôs em uma altitude maior), ocorrendo, também, colinas suavemente onduladas. Essa Unidade está inserida em uma área com densa rede de drenagem, cortada pelo rio Lajeado Grande, acompanhada sempre de matas de galeria, sendo que existem aquelas mais bem desenvolvidas (árvores altas), e também aquelas das baixadas, onde os indivíduos são menores, destacando-se apenas os jerivás (*Syagrus romanzoffiana*). Algumas dessas matas de galeria aparecem nas partes mais baixas do terreno, com relevo plano e algumas se encaixam nos aclives.

Esta UAP contém algumas manchas grandes de solo exposto (arenização), fenômeno esse provocado por uma combinação da ação da erosão eólica, solos mais frágeis e pisoteio do gado, já que se observam grandes áreas com plantios de soja e milho com cobertura de inverno e também o pastoreio de bovinos – alternância de agricultura e campos nativos alterados. Quanto as florestas presentes, observaram-se alguns fragmentos florestais no topo das colinas, mas poucas extensões de reflorestamentos, apenas pequenos talhões esparsos de *Eucalyptus* sp ou agrupamentos pequenos desses indivíduos, e presença de alguns quebra-ventos de bambu.

A UAP foi avaliada e caracterizada no dia 06 de maio de 2017. Possui fácil acesso pelas estradas rurais presentes que cruzam toda a extensão de 10 km x 10 km da unidade de paisagem.

Unidade Amostral de Paisagem 0837

Nesta Unidade Amostral de Paisagem, de acordo com o Projeto Radambrasil - atualizado pelo IBGE (MAPA, 2015), predominam formações da Floresta Ombrófila Mista submontana. A UAP está na divisa entre os municípios de Paim Filho, São João da Urtiga, Maximiliano de Almeida e Carlos Gomes.

Já no Planalto Rio-grandense, esta UAP é caracterizada por um relevo

fortemente ondulado, com montes e pequenas serras, na sua maioria recobertos parcialmente por floresta nativa (FOM), porém sem presença de *Araucaria angustifolia*. Em direção ao ponto mais central da UAP, verificou-se uma altitude de aproximadamente 720 metros, observando-se uma área diferente das outras paisagens que podem ser encontradas do Rio Grande do Sul, principalmente por se localizar fora da região da Depressão Central, em local com relevo mais acentuado, o que é corroborado pelas altitudes observadas.

Existem muitas pequenas propriedades com diversificação de cultivos (milho, soja, erva-mate, *Pinus* sp, pastagem) e poucas cabeças de gado. Os plantios agrícolas estão em níveis ou terraços entremeados por franjas de floresta, e é provável que o aproveitamento agrícola ocorra nos terraços (mais planos), deixando-se preservadas as áreas mais inclinadas (20 a 45 graus), o que coincide com áreas de uso restrito segundo o Código Florestal (Lei 12.651, 2012), dada a dificuldade de trabalhar a terra nos terrenos mais íngremes. A configuração da paisagem é, portanto, um mosaico de campos cultivados (agricultura) em diversos estágios (inclusive com áreas recém-plantadas ou preparadas para plantio), topos de morro, encostas e fundos de vale com florestas encaixadas e pequenas áreas com edificações correspondentes às sedes (casas) das propriedades rurais, galpões, paióis e comunidades. Observam-se “linhas” de colonização com densa rede de estradas rurais, considerando-se esta UAP com um padrão bastante consistente de paisagem, que se estende por toda a sua superfície, em configuração bastante homogênea.

A drenagem desta Unidade é caracterizada pelo rio Ligeiro, a noroeste dos limites da UAP, e as rodovias presentes são a RS-477, parcialmente pavimentada, que corta a UAP no terço inferior (sul), sentido E-W e a RS-126, outra rodovia pavimentada, na porção leste, de norte a sul. Esta Unidade Amostral de Paisagem foi avaliada e caracterizada em campo no dia 08 de maio de 2017 e pode ser caracterizada como de fácil acesso. Devido à sua homogeneidade, não suscitou maiores dúvidas no processo de mapeamento.

5.3. TAXONOMIA DA PAISAGEM

De acordo com o segundo objetivo específico do presente trabalho - “aplicar sistemas taxonômicos internacionais de classificação de paisagens adaptados às

condições presentes nas paisagens rurais brasileiras” – foram definidos, por meio do percentual da área ocupada por cada classe, os possíveis graus de presença dentro de uma Unidade Amostral de Paisagem. Os resultados são apresentados para o grupo de UAPs de cada estado. A presença Matricial é definida quando a percentagem de uma das classes presentes na área da UAP representa mais do que 50%; a Essencial caracteriza uma classe com percentagem entre 25 e 50% da área; Marginal, quando o grau varia de 5 a 25% e, por fim, presença Residual quando a percentagem é inferior a 5% da área.

As legendas das siglas com as classes de uso e cobertura contidas em todas as tabelas são:

F = Floresta Natural;

VL = Outras Terras com Vegetação Lenhosa;

TOF = Árvores Fora da Floresta (*“Trees Outside Forests”*)

C = Campestre – Gramíneas e Herbáceas;

R = Floresta Plantada;

S = Solo Exposto;

A = Agricultura e Pastagem;

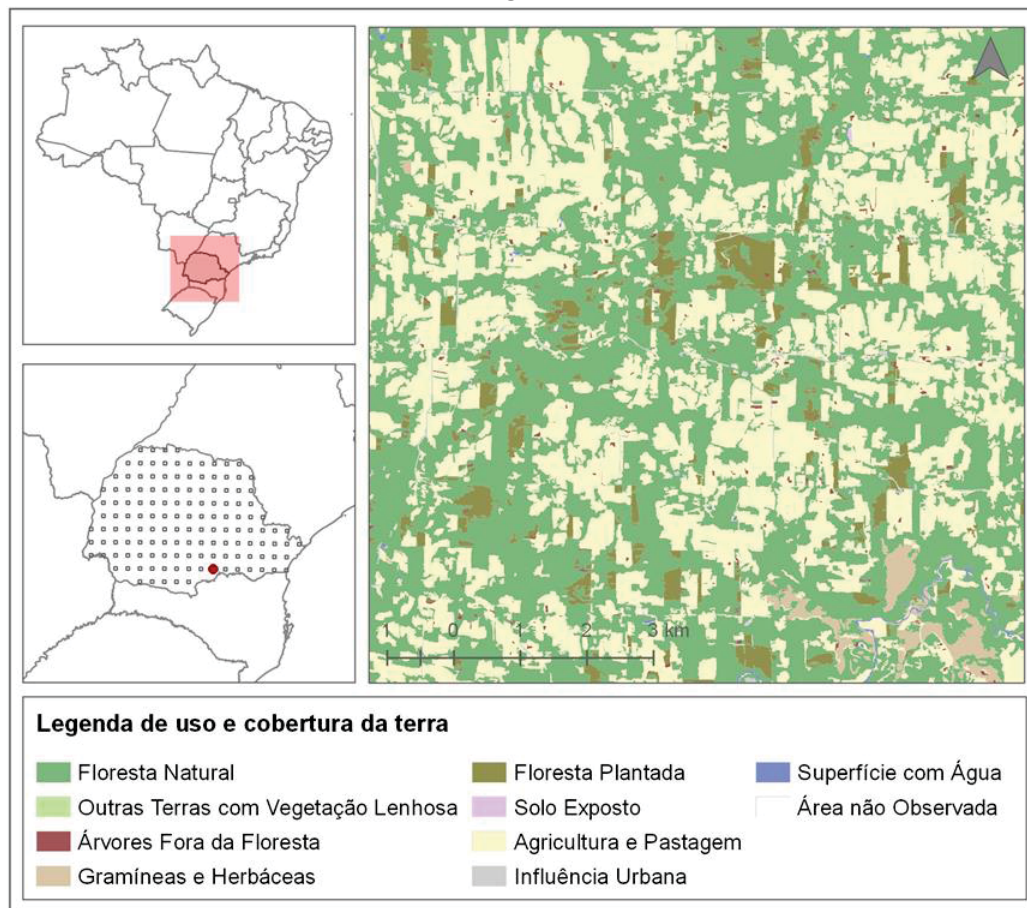
U = Área Urbanizada;

H = Corpos d’água;

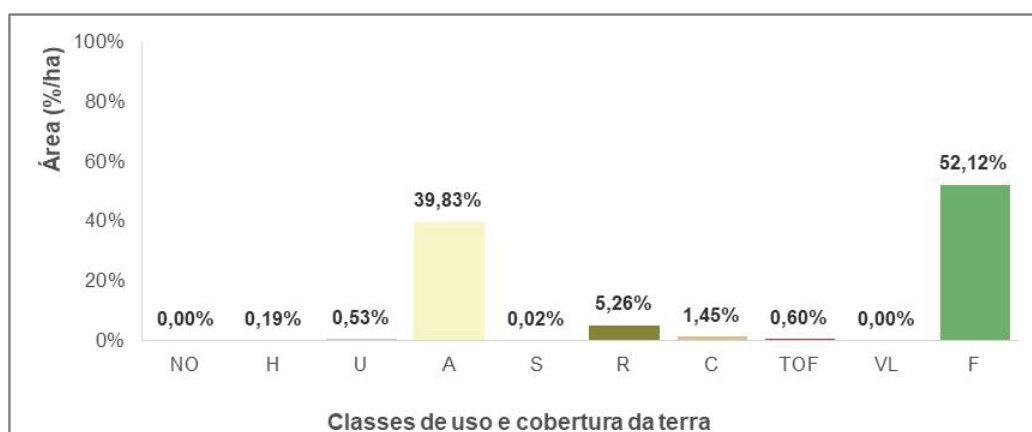
NO = Área não observada.

5.3.1. PARANÁ

FIGURA 19. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1139: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



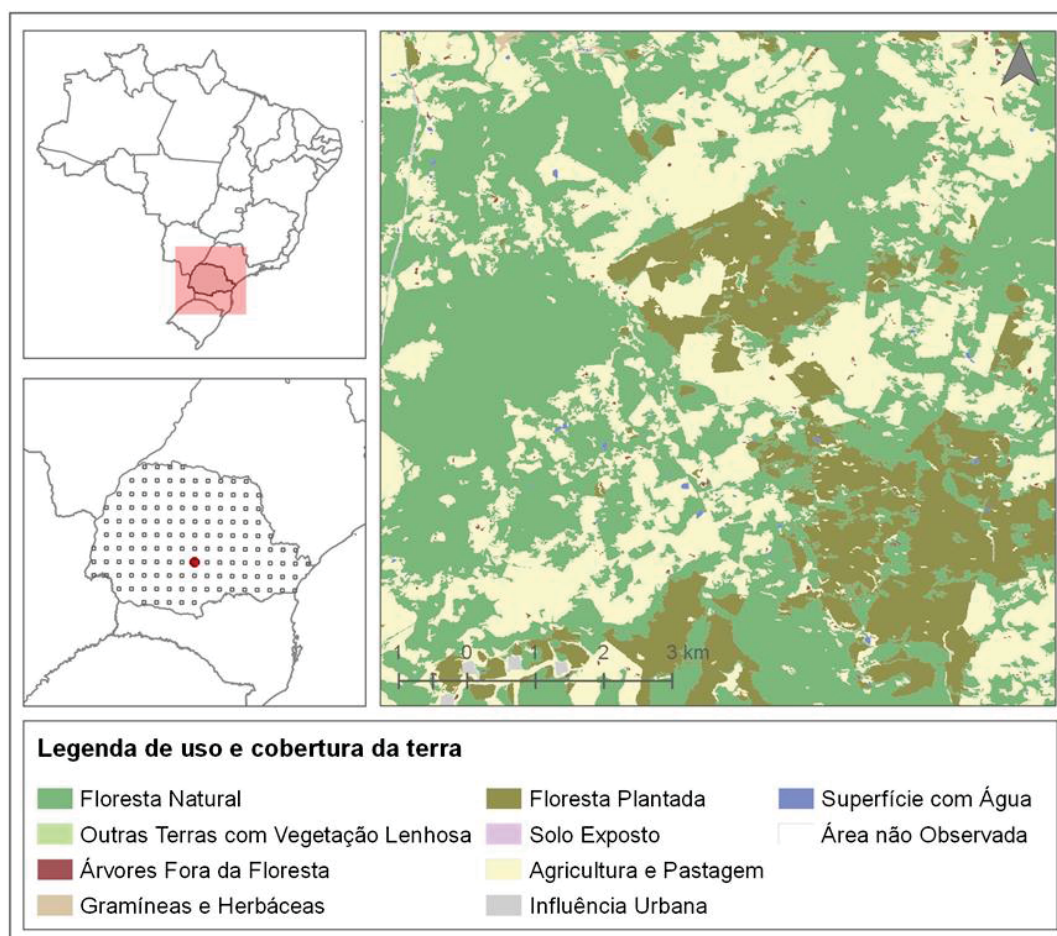
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
F	A	R	CTOFUHS	FA
Nome da paisagem		Florestal matricial agrícola		

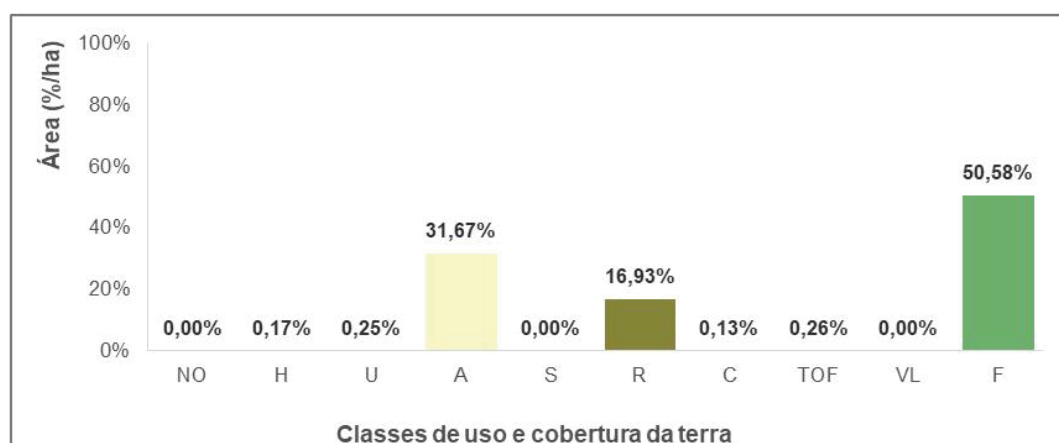
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 20. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1268: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



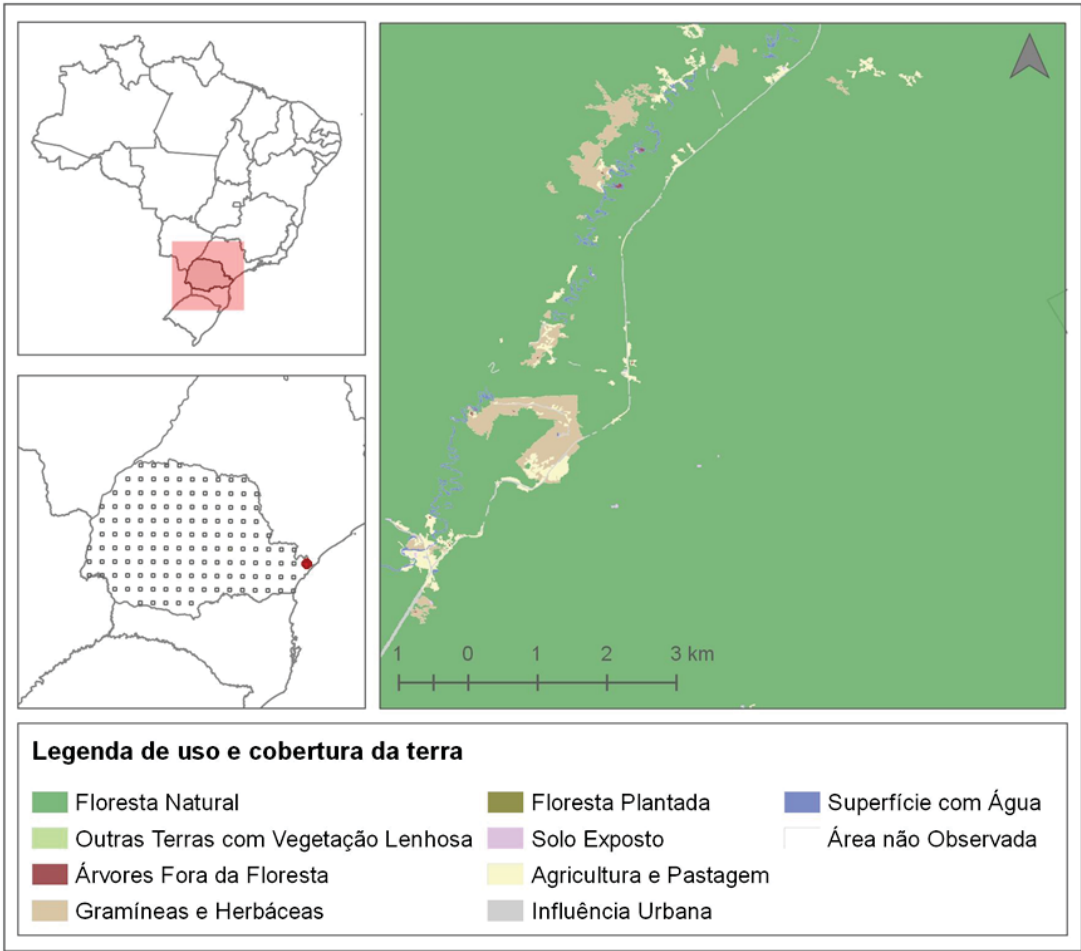
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
F	A	R	TOFUHC	FA
Nome da paisagem			Florestal matricial agrícola	

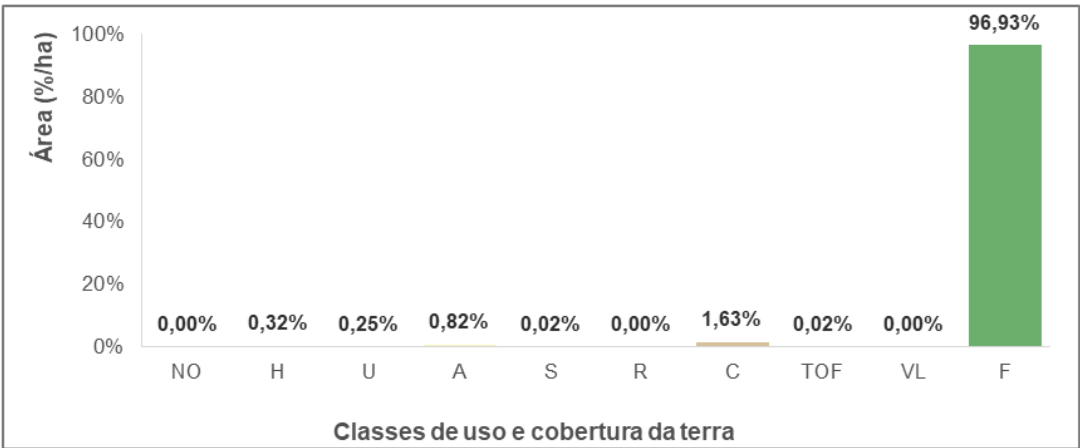
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 21. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1286: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



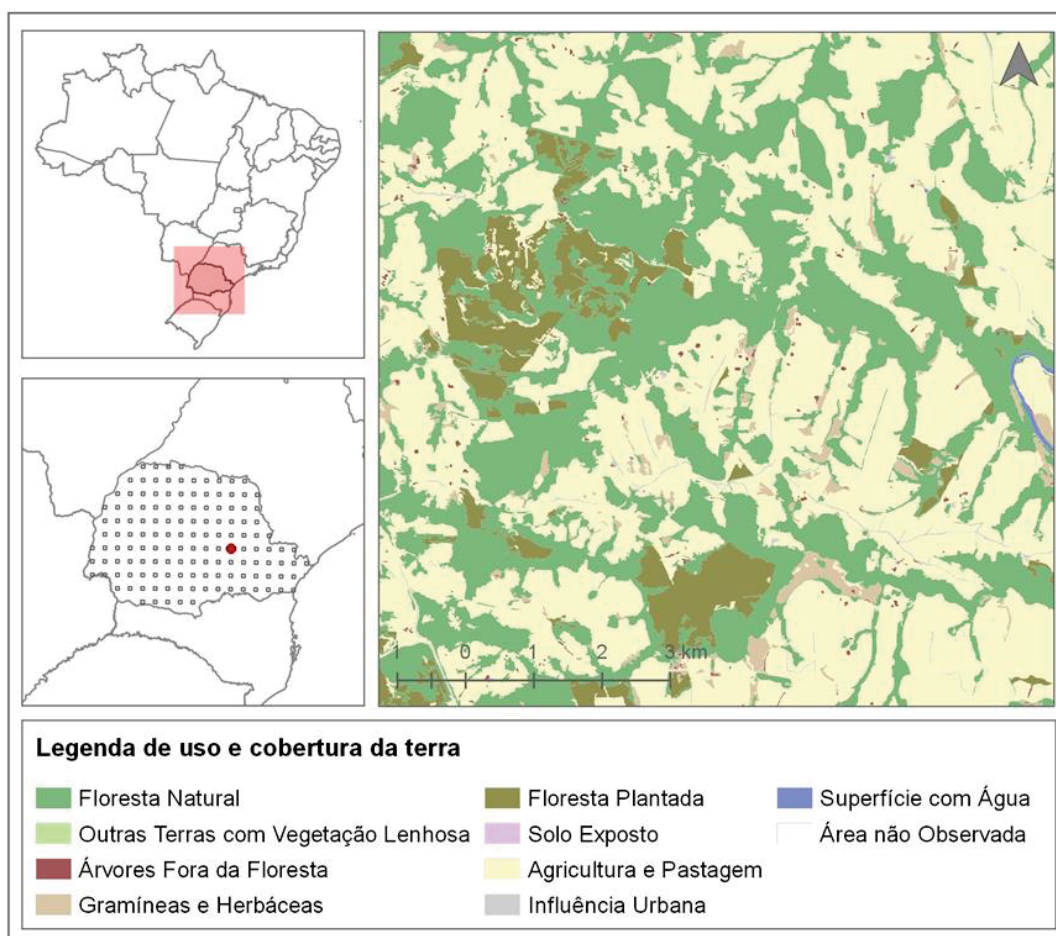
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
F	-	-	CAHUTOFS	F
Nome da paisagem		Florestal matricial		

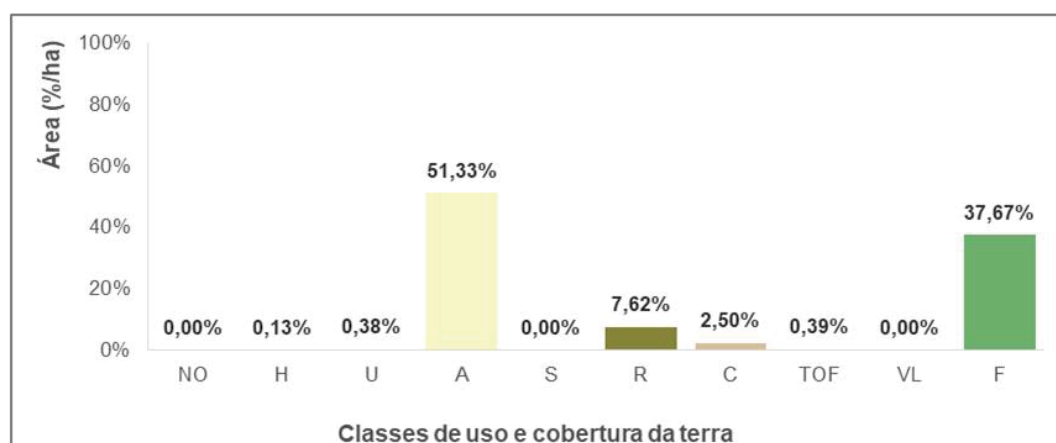
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 22. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1347: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



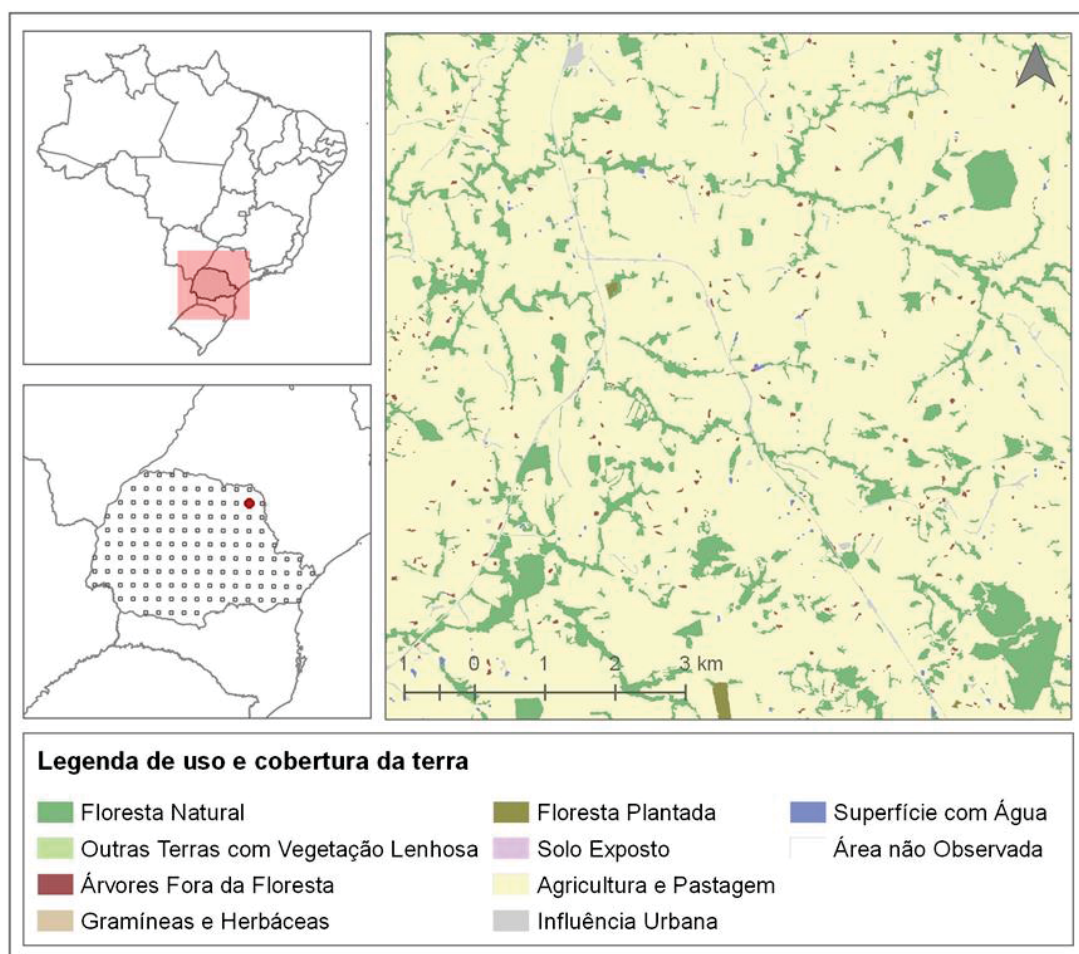
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	F	R	CTOFUH	AF
Nome da paisagem		Agrícola matricial florestal		

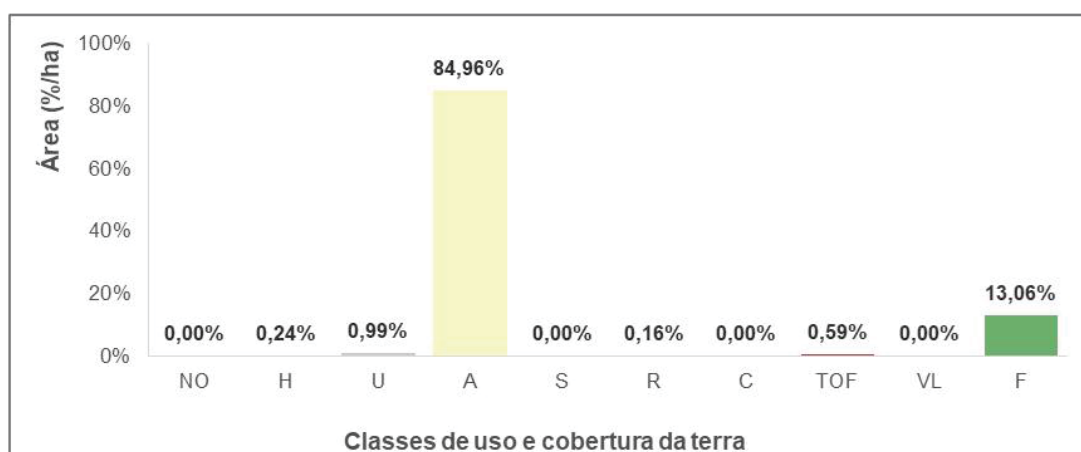
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 23. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1715: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



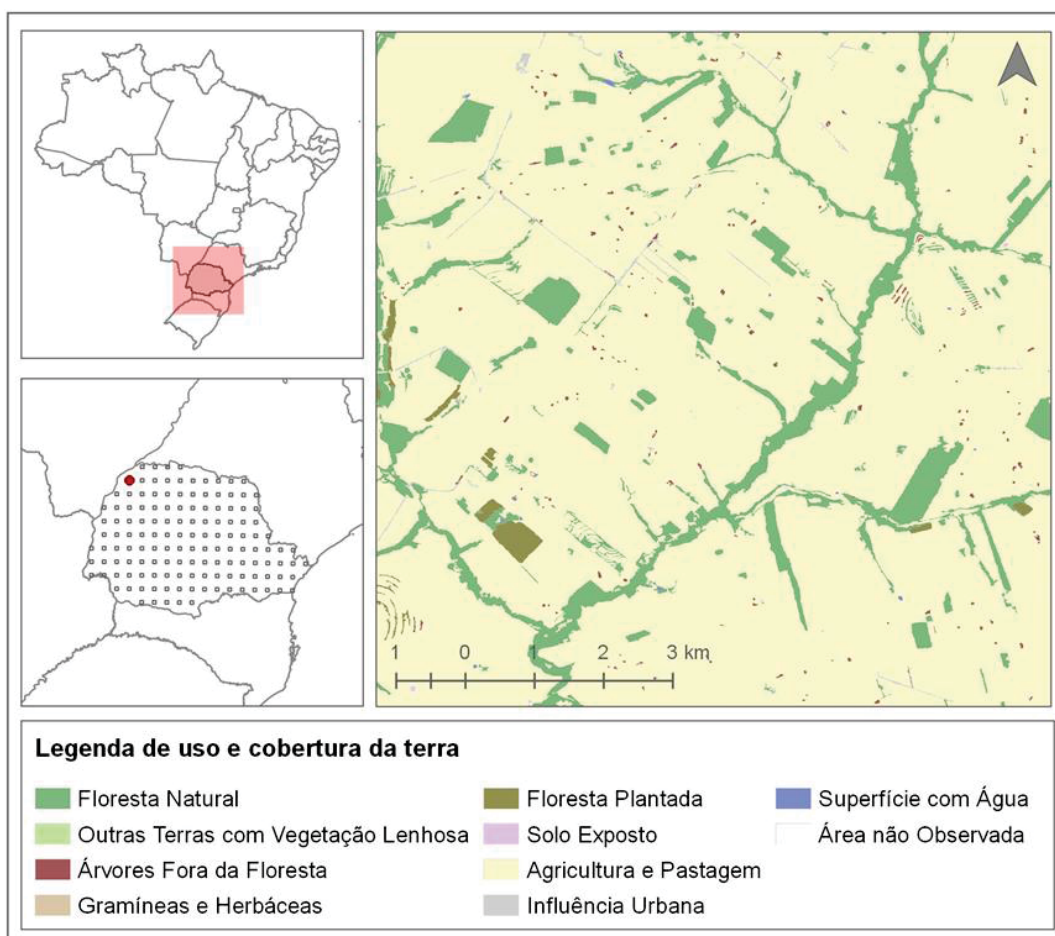
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	-	F	UTOFHRS	A
Nome da paisagem			Agrícola matricial	

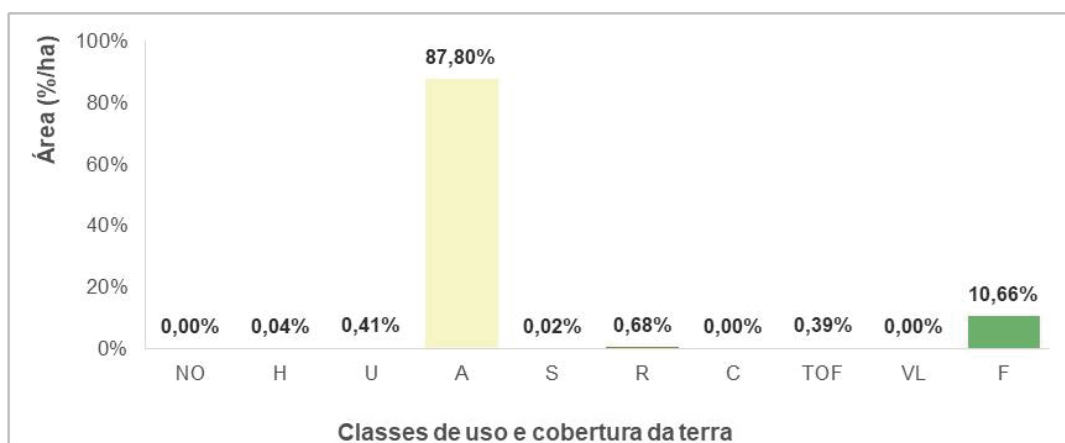
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 24. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1816: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO PARANÁ E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	-	F	RUTOFHS	A
Nome da paisagem			Agrícola matricial	

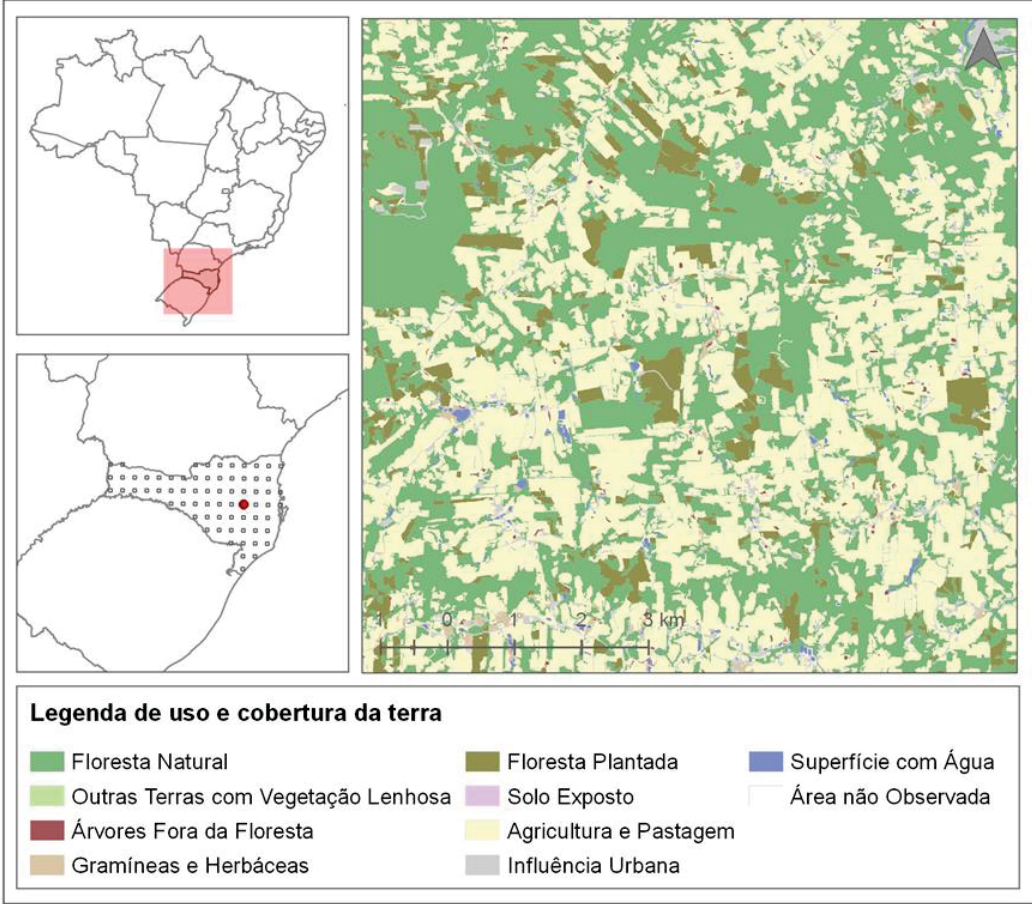
(c)

FONTE: O autor (2018).

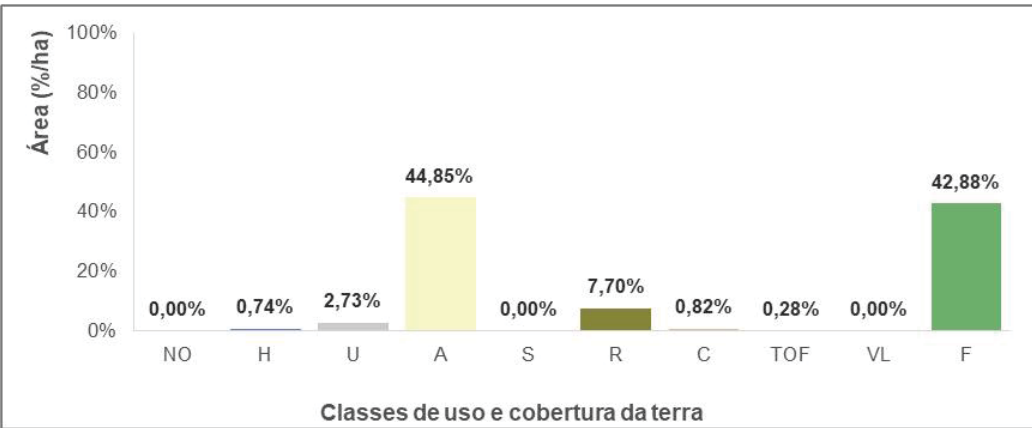
No estado do Paraná, foi possível constatar que as paisagens, levando em consideração apenas a porcentagem das suas classes de uso e cobertura da terra, são, majoritariamente, divididas em florestais ou agrícolas, alternando-se em “Agrícola matricial” (duas UAPs), “Florestal matricial agrícola” (duas UAPs), “Florestal matricial” (uma UAP) e “Agrícola matricial florestal” (uma UAP). Desta forma, das seis UAPs selecionadas no Paraná, três delas apresentaram mais de 50% da área com uma cobertura denominada “Agricultura e Pastagem” e as outras três apresentaram mais de 50% da área com cobertura florestal.

5.3.2. SANTA CATARINA

FIGURA 25. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0913: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



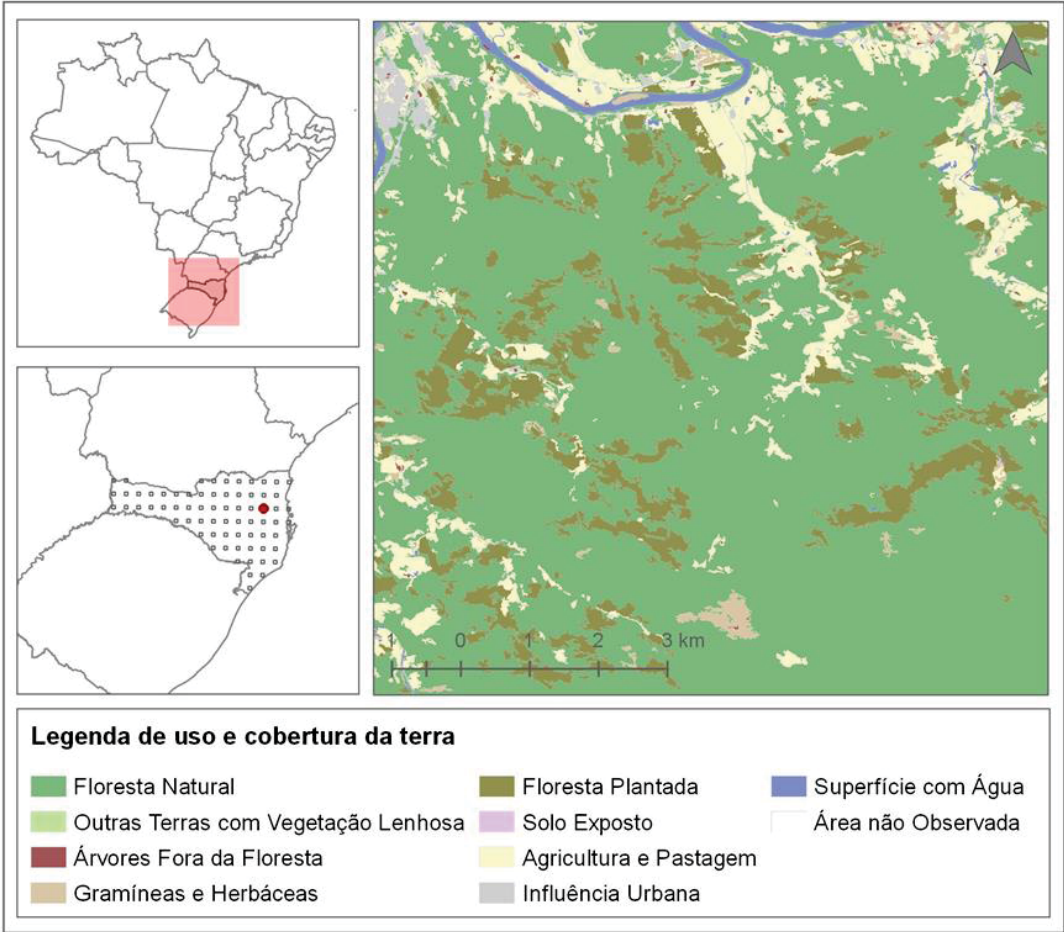
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
-	AF	R	UCHTOFS	AF
Nome da paisagem		Agrícola não matricial florestal		

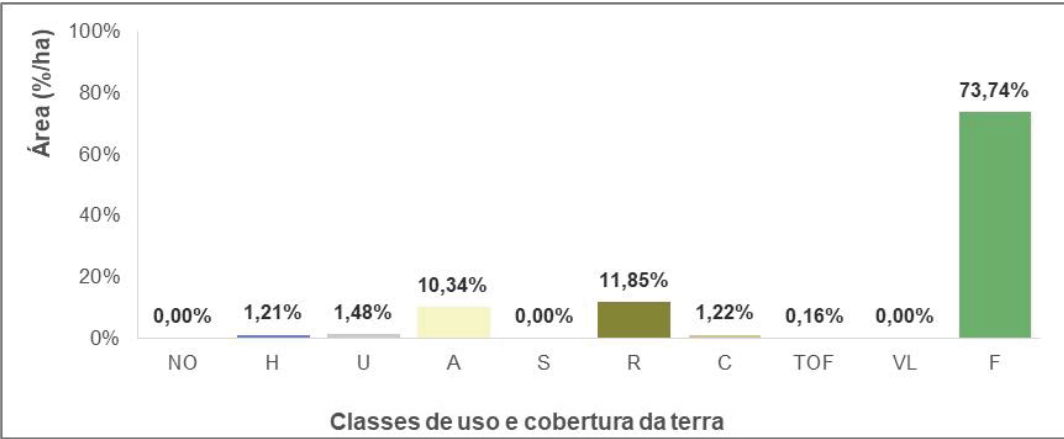
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 26. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0974: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



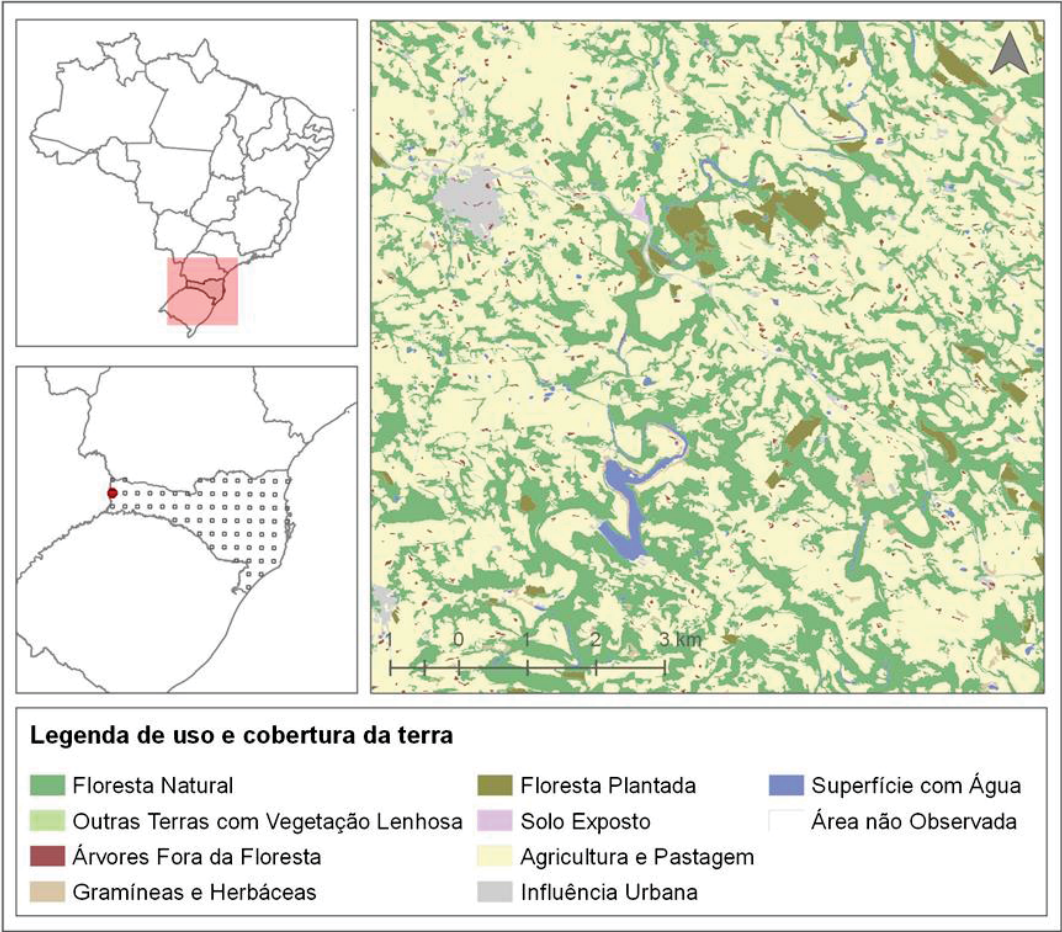
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
F	-	RA	UCHTOF	F
Nome da paisagem		Florestal matricial		

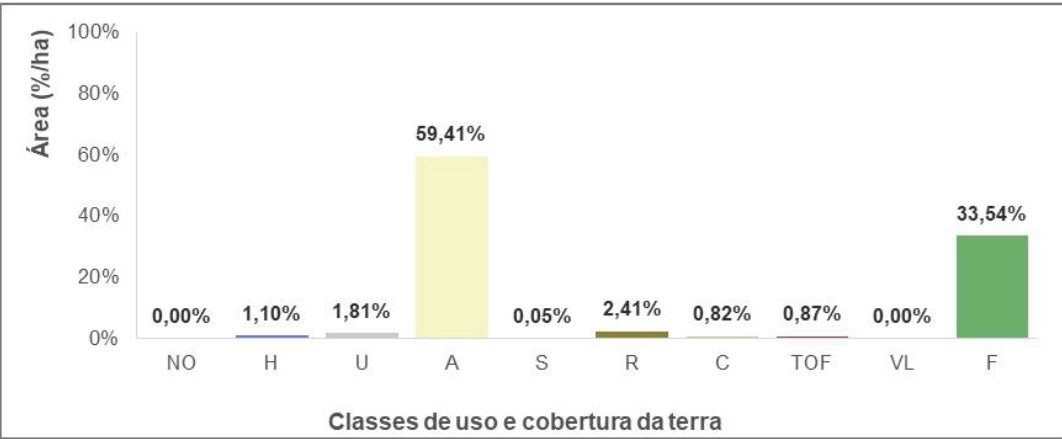
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 27. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1007: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



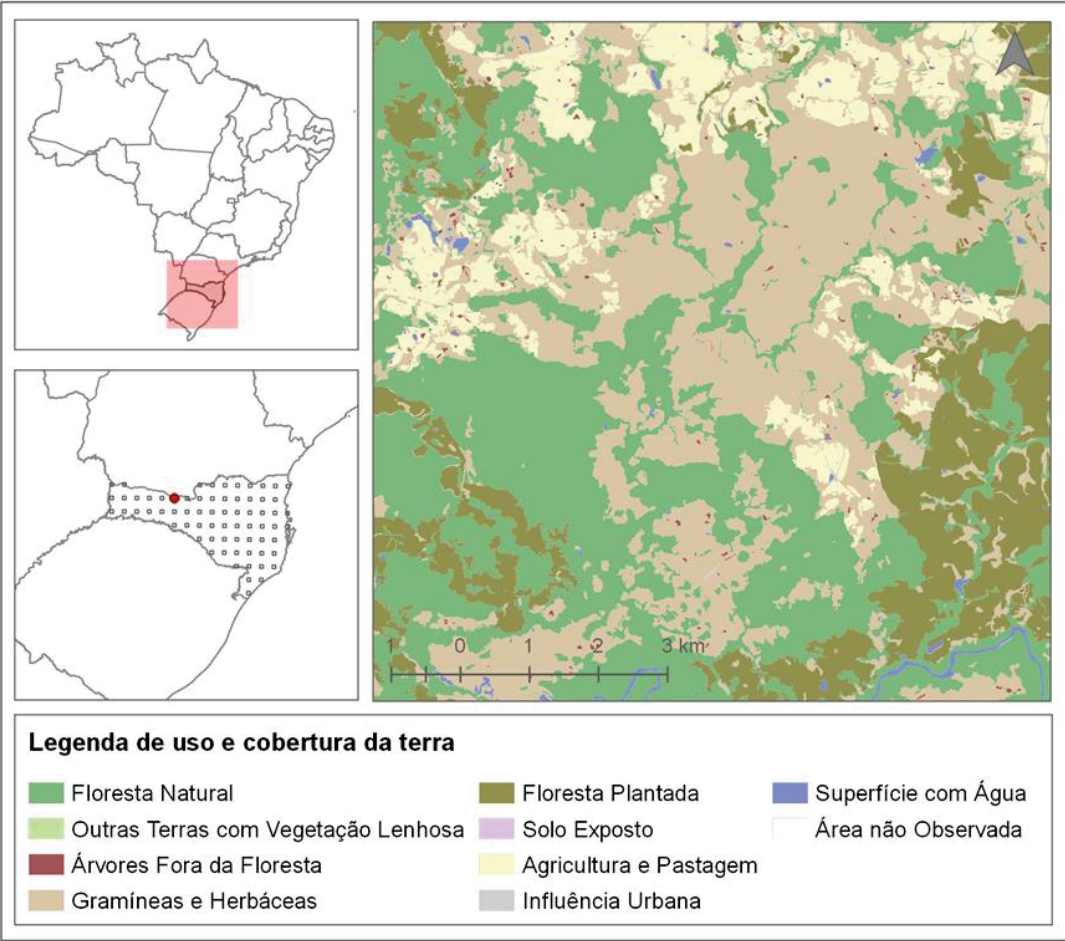
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	F	-	RUHTOFCS	AF
Nome da paisagem		Agrícola matricial florestal		

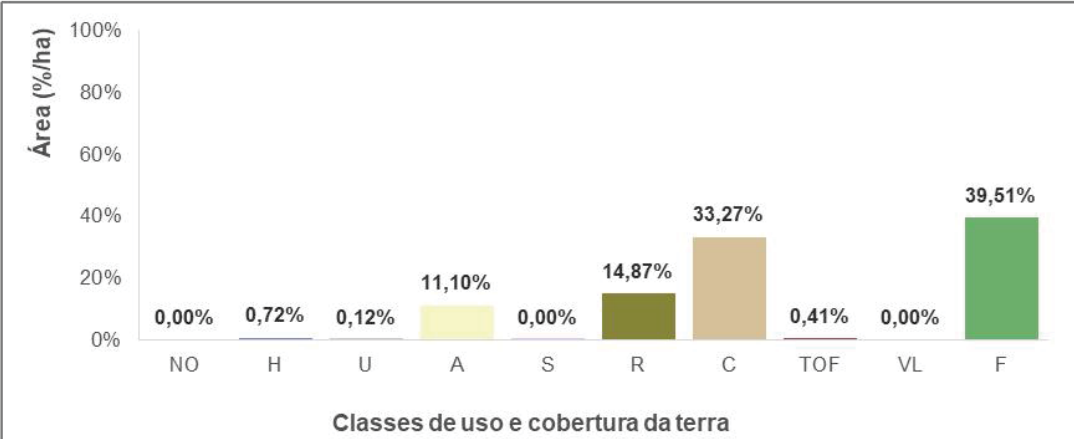
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 28. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1017: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



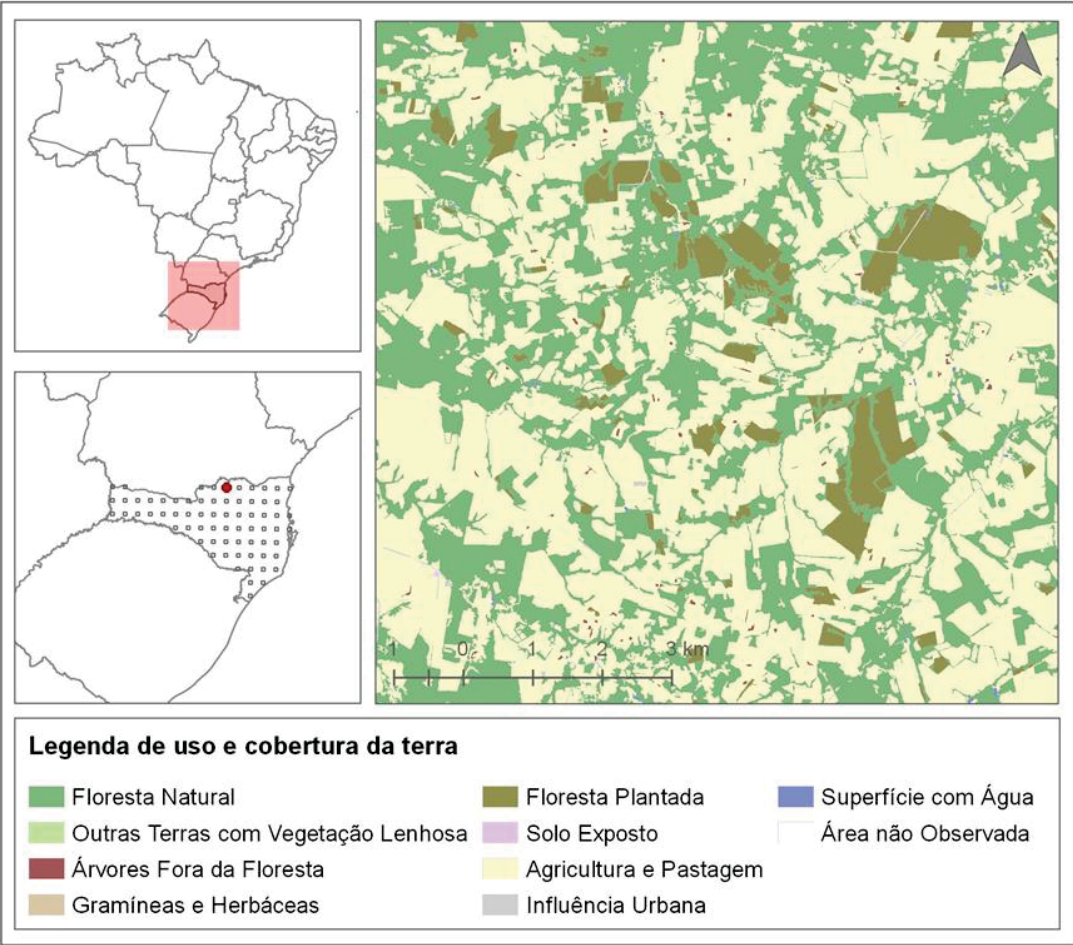
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
-	FC	RA	HTOFUS	FC
Nome da paisagem		Florestal não matricial campestre		

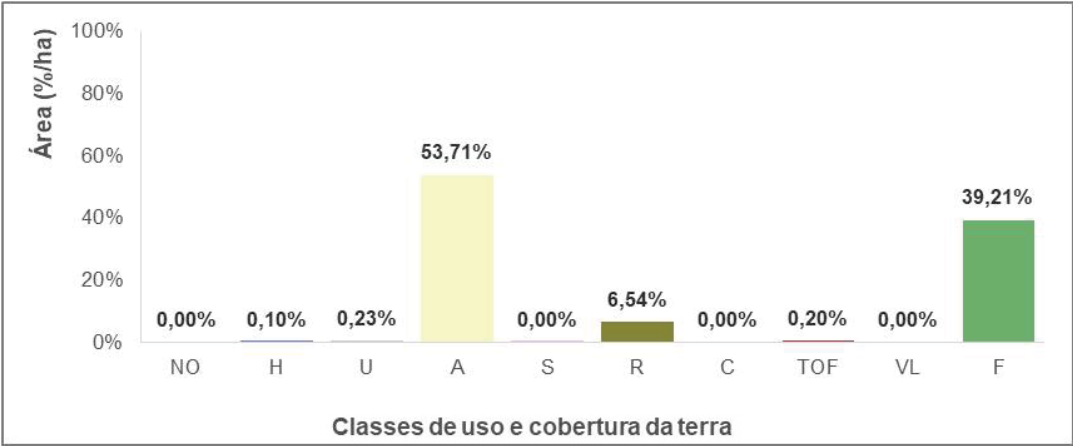
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 29. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1082: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



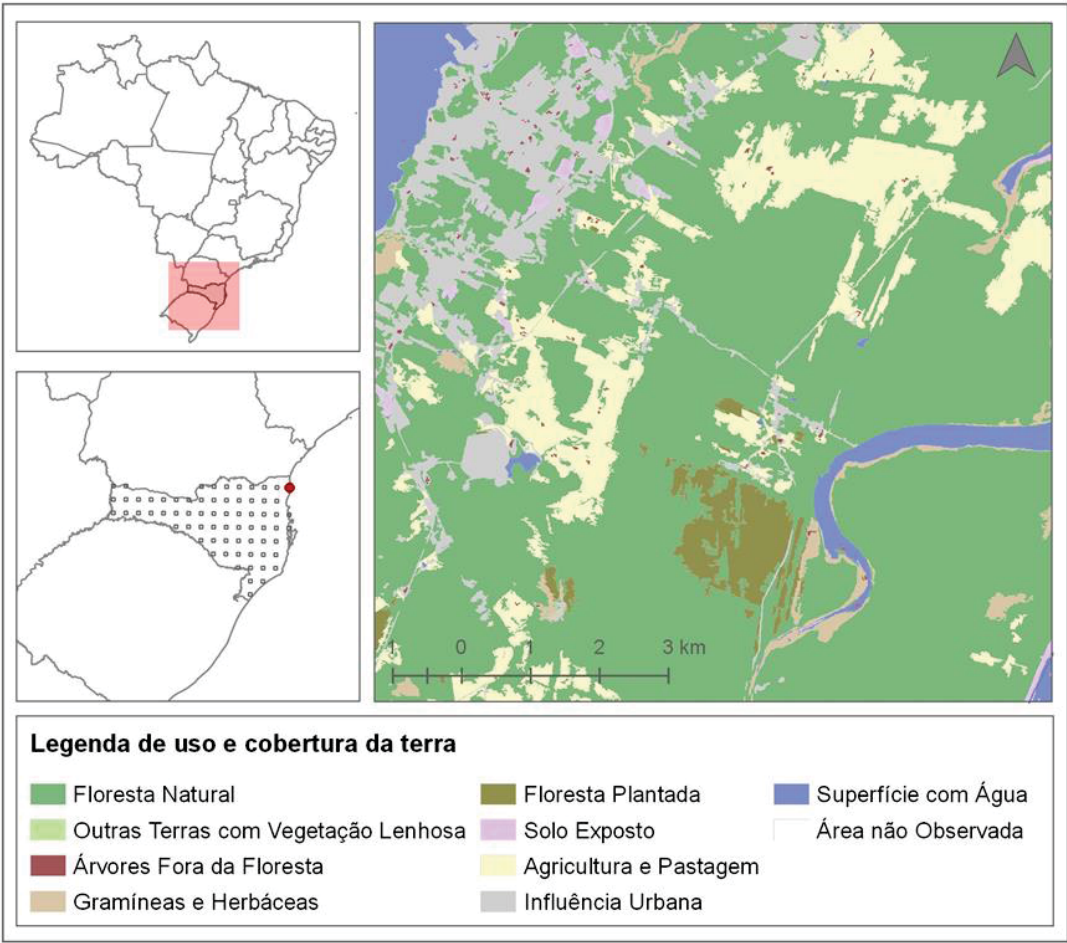
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	F	R	UTOFHS	AF
Nome da paisagem		Agrícola matricial florestal		

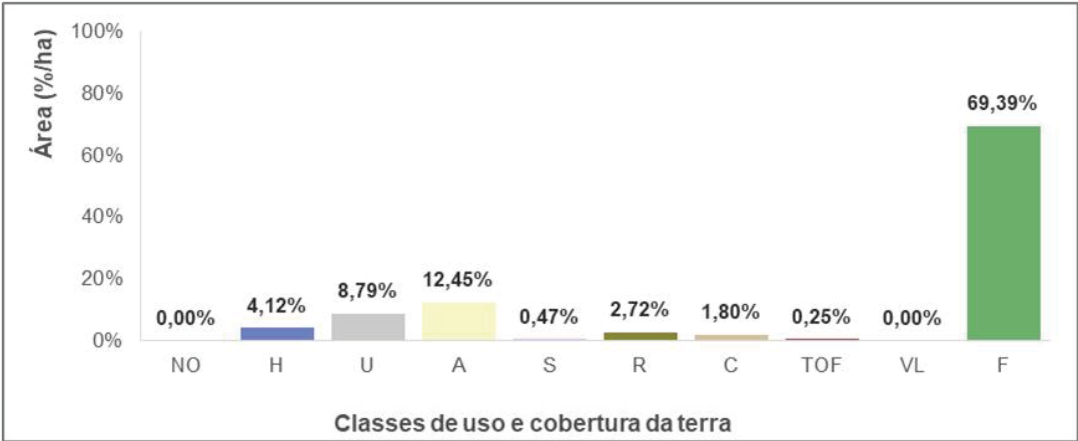
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 30. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 1092: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
F	-	AU	HRCSTOF	F
Nome da paisagem		Florestal matricial		

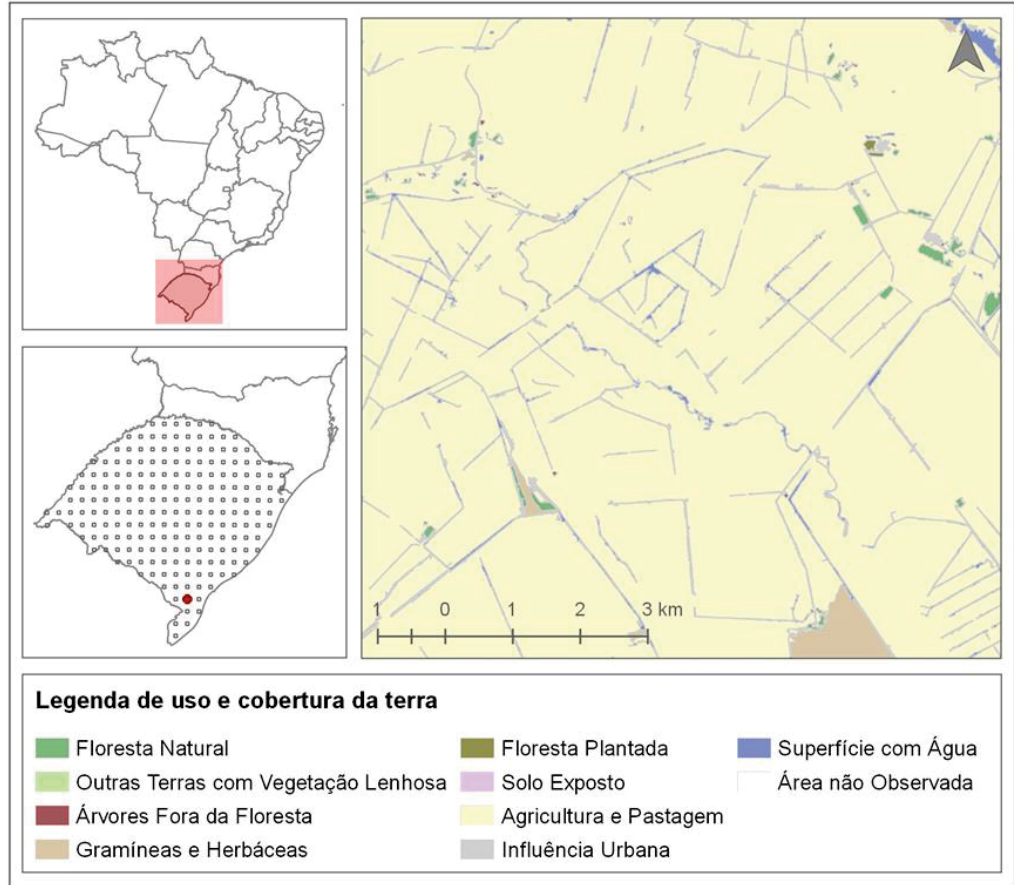
(c)

FONTE: O autor (2018).

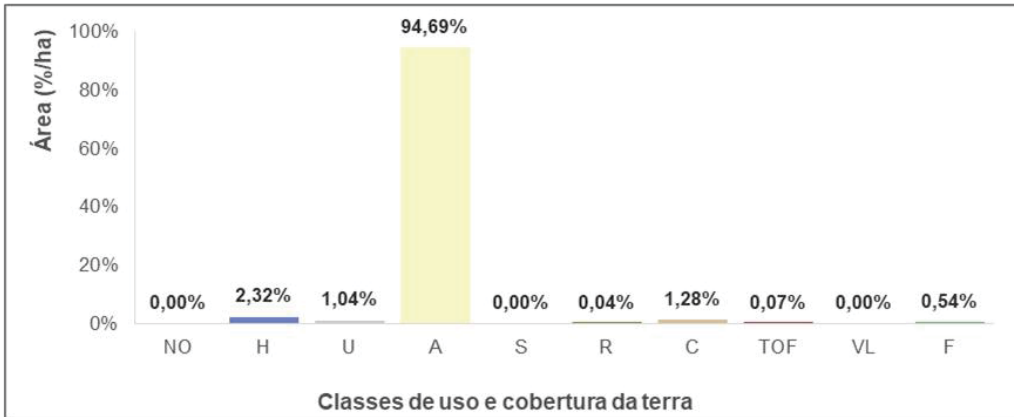
Em Santa Catarina, o padrão da paisagem em relação às classes com maior predominância na área foi ligeiramente diferente daquele observado no Paraná. Além da cobertura florestal e agrícola, também há a classe de uso e cobertura da terra denominada “Gramíneas e Herbáceas”. Analisando as nomenclaturas, das seis UAPs, duas delas possuem predominância de cobertura florestal, denominadas “Florestal matricial” por possuírem mais de 50% da área da UAP coberta por florestas. Outras duas são classificadas como “Agrícola matricial florestal”, possuindo mais de 50% da área com cobertura “Agricultura e Pastagem” e entre 25 e 50% com cobertura arbórea; outra é denominada “Agrícola não matricial florestal”, possuindo estas classes entre 25 e 50% da área da UAP, não existindo predominância com mais de 50% e, para finalizar, uma delas apresenta a classe “Gramíneas e Herbáceas”, com a nomenclatura de “Florestal não matricial campestre”, com coberturas entre 25 e 50% da área total da Unidade Amostral.

5.3.3. RIO GRANDE DO SUL

FIGURA 31. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0029: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



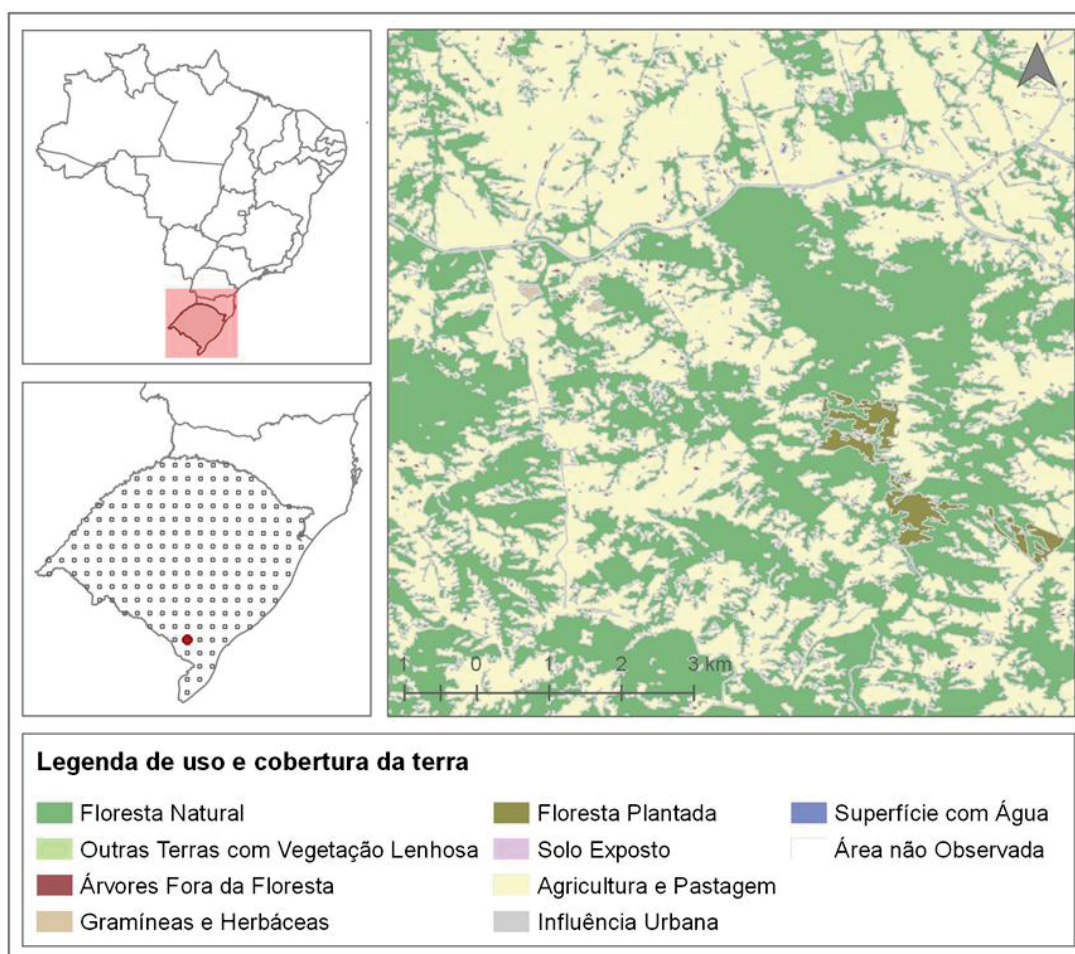
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	-	-	HCUFTOFR	A
Nome da paisagem			Agrícola matricial	

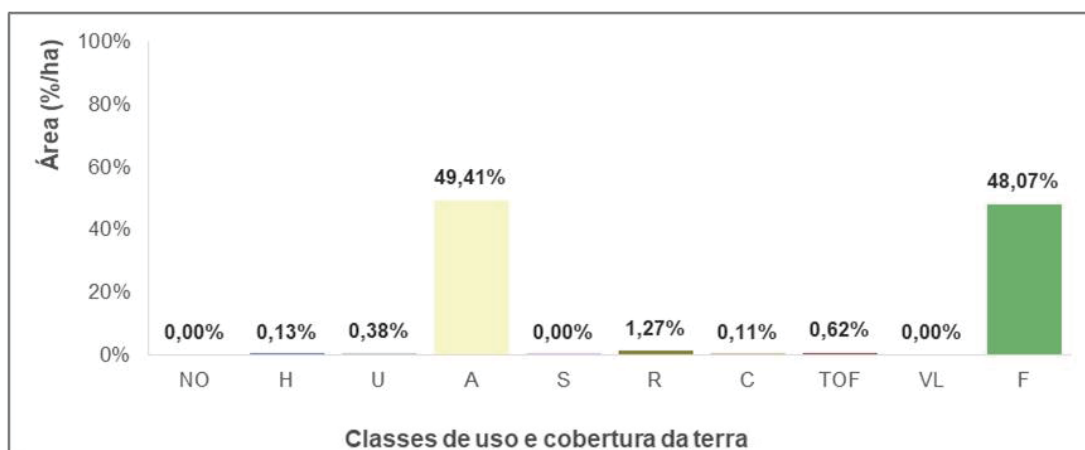
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 32. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0045: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



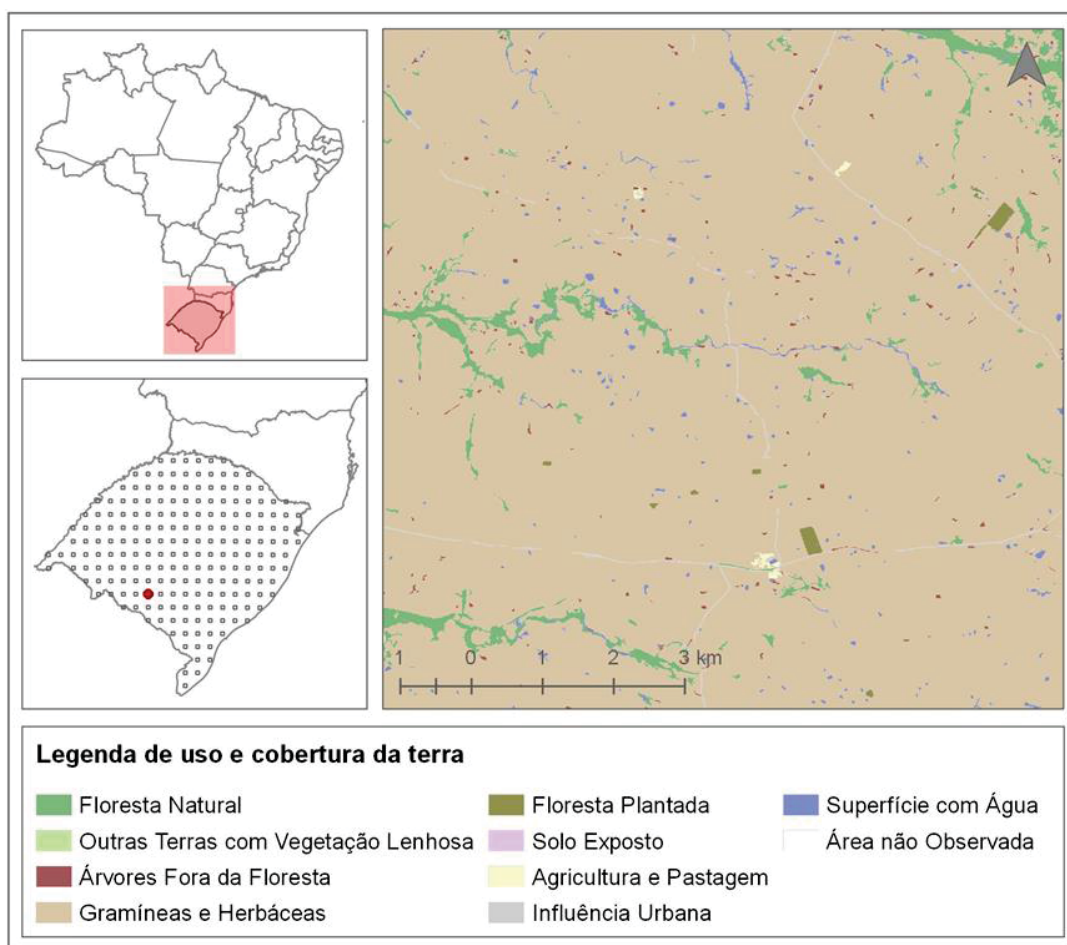
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
-	AF	-	RTOFUHCS	AF
Nome da paisagem		Agrícola não matricial florestal		

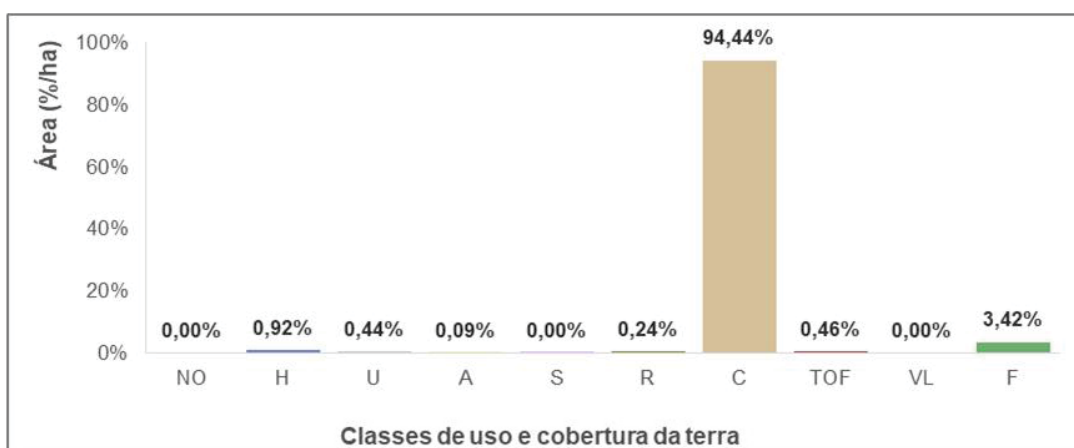
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 33. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0158: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



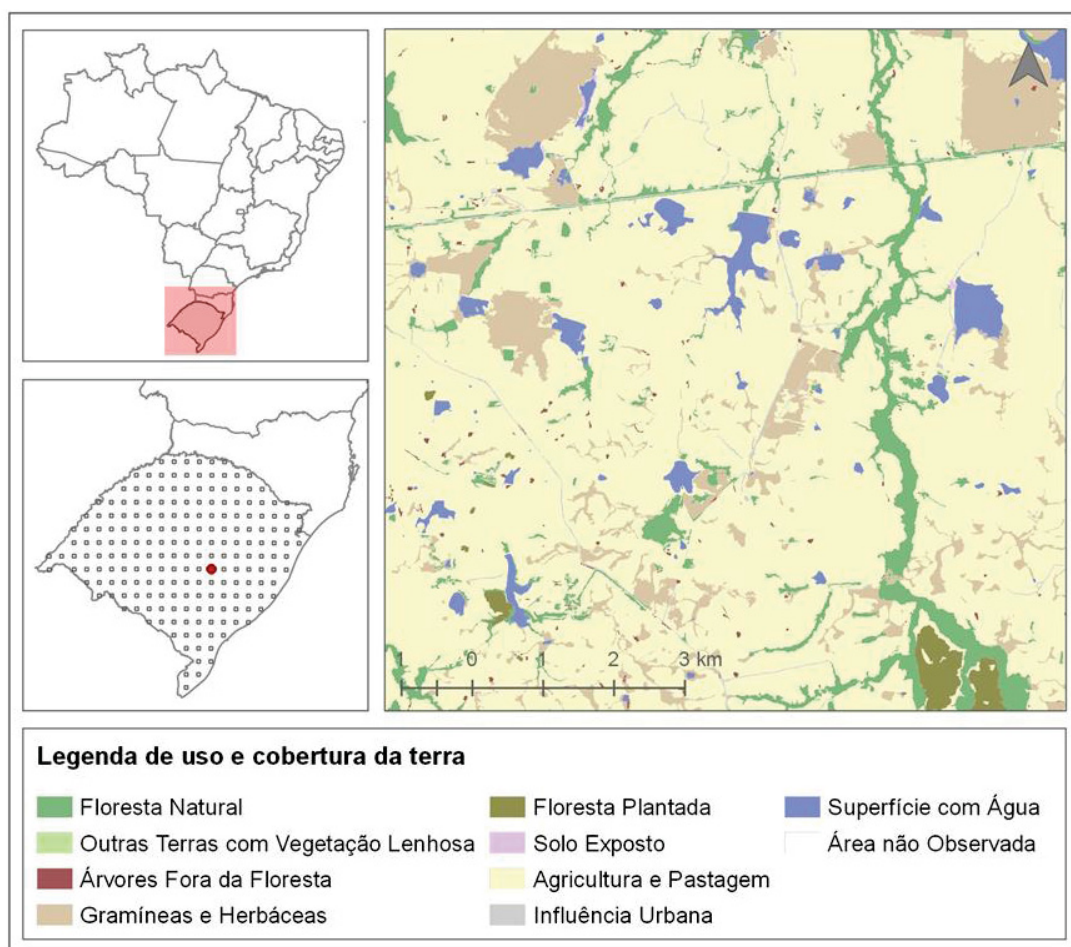
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
C	-	-	FHTOFURAS	C
Nome da paisagem		Campestre Matricial		

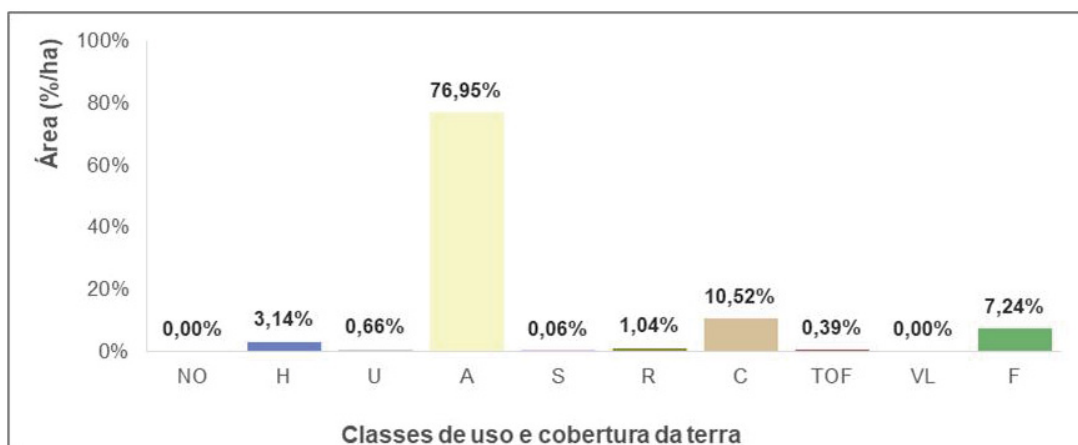
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 34. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0300: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



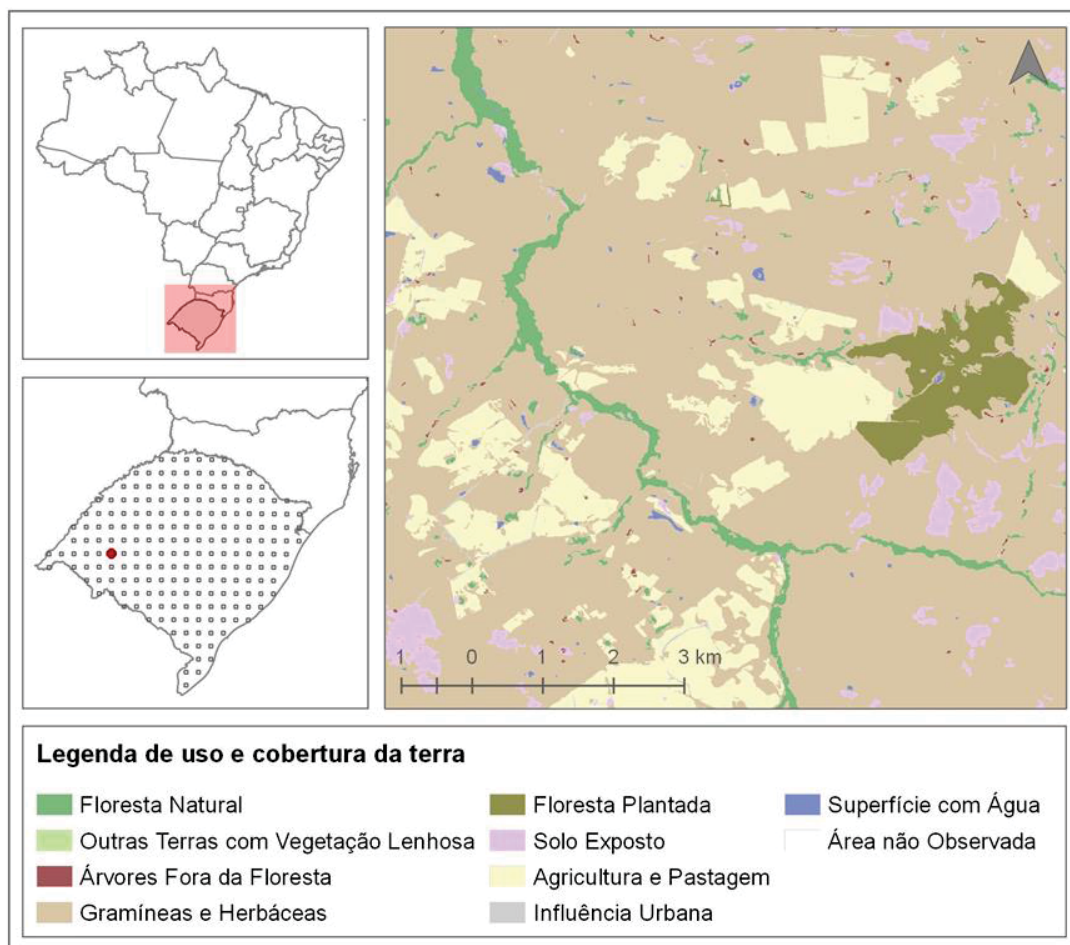
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	-	CF	HRUTOFS	A
Nome da paisagem		Agrícola matricial		

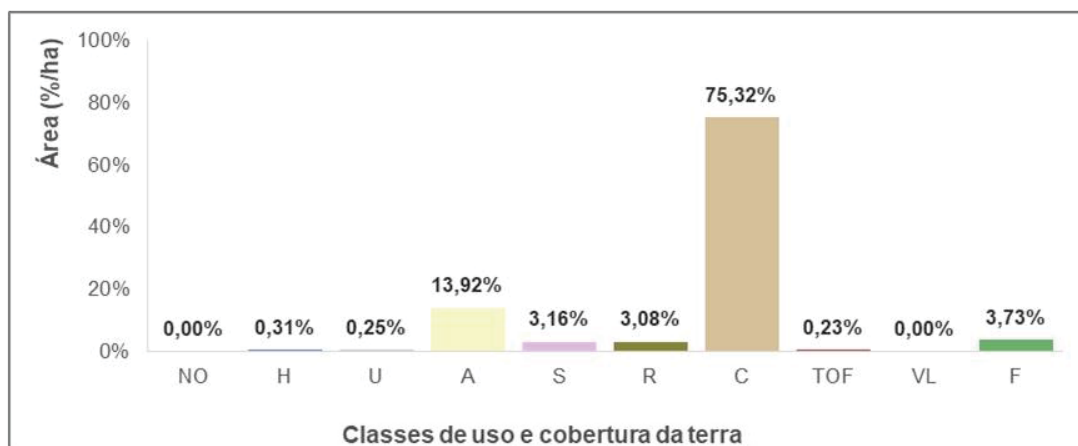
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 35. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0364: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



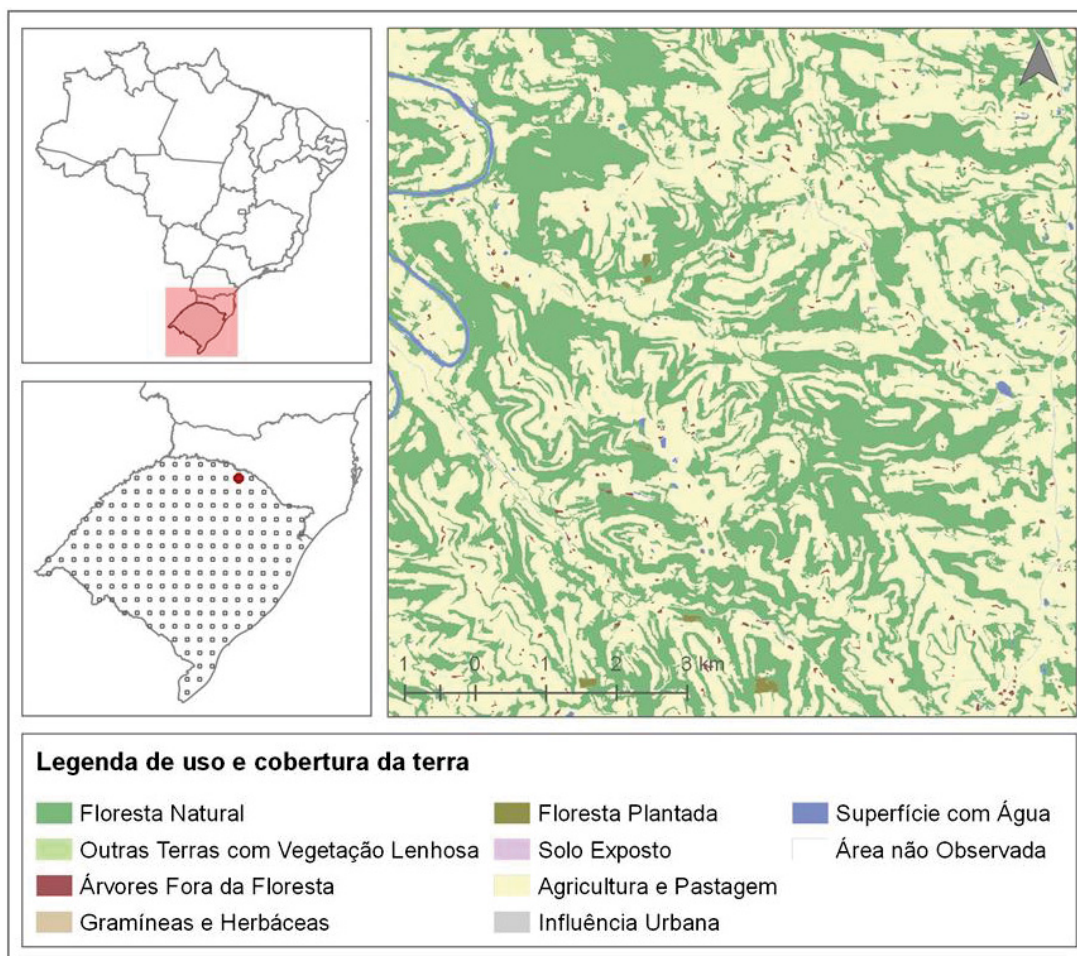
(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
C	-	A	FSRHUTOF	C
Nome da paisagem		Campestre matricial		

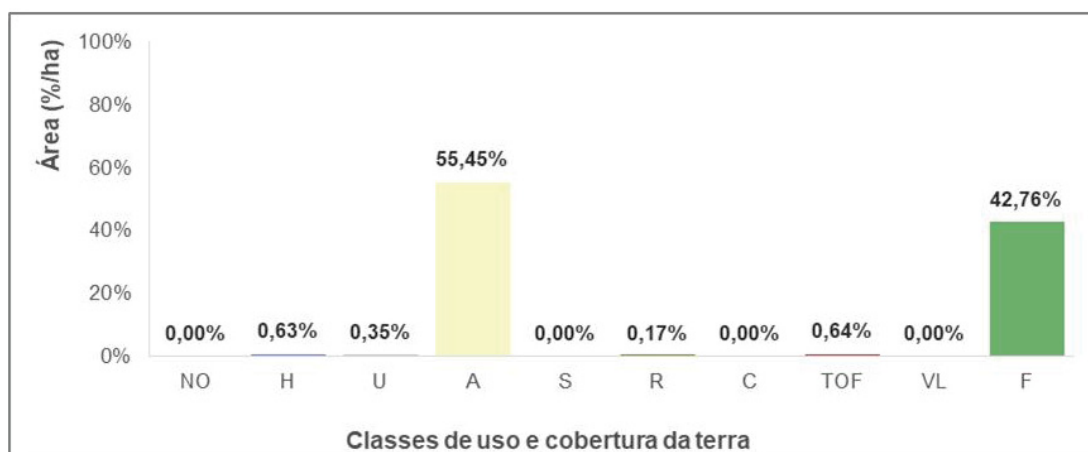
(c)

FONTE: O autor (2018).

FIGURA 36. CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NA UAP 0837: (A) LOCALIZAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES NA ÁREA DA UAP; (B) PERCENTUAIS DE OCUPAÇÃO DAS CLASSES; (C) TAXONOMIA DA UAP.



(a)



(b)

Matricial	Essencial	Marginal	Residual	Classe
A	F	-	TOFHUR	AF
Nome da paisagem		Agrícola matricial florestal		

(c)

FONTE: O autor (2018).

No estado do Rio Grande do Sul, das seis UAPs, apenas uma não apresentou grau de presença matricial. Com a denominação “Agrícola não matricial florestal”, essa UAP apresentou predominância de 25 a 50% da área coberta pelas classes de “Agricultura e Pastagem” e “Florestal Natural”. Três UAPs apresentaram grau matricial Agrícola, e dentre essas três, uma com presença entre 25 a 50% de cobertura arbórea. O que difere o Rio Grande do Sul dos outros estados - Paraná e Santa Catarina - são os campos, representados em duas das UAPs selecionadas, com um grau de presença “Campestre matricial”, onde mais de 50% da área são ocupados pela classe denominada “Gramíneas e Herbáceas”.

5.4. ÍNDICES DE PAISAGEM

O terceiro objetivo específico deste trabalho - “caracterizar Unidades Amostrais de Paisagem (UAPs-piloto) no sul do Brasil quanto à sua estrutura espacial (composição e configuração) por meio de indicadores” – envolveu o processamento de índices empregando os software *Fragstats* e *GuidosToolbox*. O primeiro foi utilizado em conformidade com o projeto SISPARES, da Espanha, selecionando-se índices semelhantes aos empregados naquele sistema. Já o *GuidosToolbox* foi utilizado por apresentar abordagens inovadoras e bastante flexíveis para a análise de paisagens. Entretanto, os software não são equivalentes e, por isso mesmo, não comparáveis. Neste trabalho procurou-se visualizar suas diferentes formas de apresentação de resultados, como tais resultados podem ser aplicados na caracterização das paisagens e sua eventual complementaridade.

Embora calculados para todo o conjunto das 18 UAPs-piloto desse trabalho, os resultados dos índices de paisagem são apresentados e discutidos para seis delas com o intuito de facilitar, de forma didática, a interpretação e visualização de como esses índices podem ser analisados. Os critérios de seleção das seis unidades foram suas características únicas em relação ao conjunto no que diz respeito ao uso e cobertura da terra ou, ainda, o fato de estarem localizadas em áreas importantes em termos ecológicos e econômicos.

Desta forma, foram escolhidas as seguintes Unidades Amostrais de Paisagem:

- **UAP 1139:** Localizada no estado do Paraná, na cidade de Mallet, próxima a São Mateus do Sul, situada mais ao sul do estado. Escolhida por estar inserida na tipologia Floresta Ombrófila Mista, e possuir remanescentes florestais, além de um cultivo agrícola local, dividindo-se entre predominância das classes Agricultura e Floresta Natural;
- **UAP 1286:** Localizada próxima a Guaraqueçaba, no estado do Paraná, em uma Reserva Natural, onde há predominância de Floresta Natural, com nenhuma influência urbana ou área antropizada, escolhida por abranger a tipologia de Floresta Ombrófila Densa e estar situada próxima ao litoral paranaense;
- **UAP 1816:** Localizada na cidade de Loanda, Paraná, no extremo noroeste do estado, escolhida por abranger uma área importante em termos fitogeográficos, geológicos e fisiográficos, representada pelo arenito Caiuá. Sua caracterização vegetal é de Floresta Estacional Semidecidual, mas atualmente observou-se grande presença de agricultura na região;
- **UAP 1007:** Localizada no extremo oeste do estado de Santa Catarina, está situada na cidade de Paraíso, próxima a São Miguel do Oeste. Escolhida pela sua inserção na tipologia Floresta Estacional Decidual, importante representação desta classe de vegetação em Santa Catarina;
- **UAP 0029:** Localizada no extremo sul do Rio Grande do Sul, no município de Arroio Grande e com predominância de cultivo de arroz, esta área não possui cobertura florestal, porém há uma significativa influência de água. Foi escolhida por ter predominância da classe de uso de cobertura agricultura e abranger a tipologia de Formação Pioneira das Terras Baixas;
- **UAP 0158:** Localizada no centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, essa Unidade Amostral está situada próxima ao município de Bagé, na

divisa entre os municípios Dom Pedrito e Lavras do Sul. Escolhida por estar inserida na tipologia Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria, sendo de extrema importância para representação do Pampa, ou os também chamados campos sulinos. No Projeto Radambrasil tais campos, dependendo de sua localização, são denominados savana ou estepe.

5.4.1. COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM

Os índices que envolvem a composição da paisagem estão relacionados com quais elementos estão presentes na área selecionada e quanto de área ocupam em termos percentuais; resultam da análise simples do mapa de uso e cobertura. Desta forma, os valores resultantes são apresentados, em sua maioria, em percentagem, variando de 0 a 100%, o que corresponde ao valor de cada classe dentro da área das UAPs, de 10km x 10km.

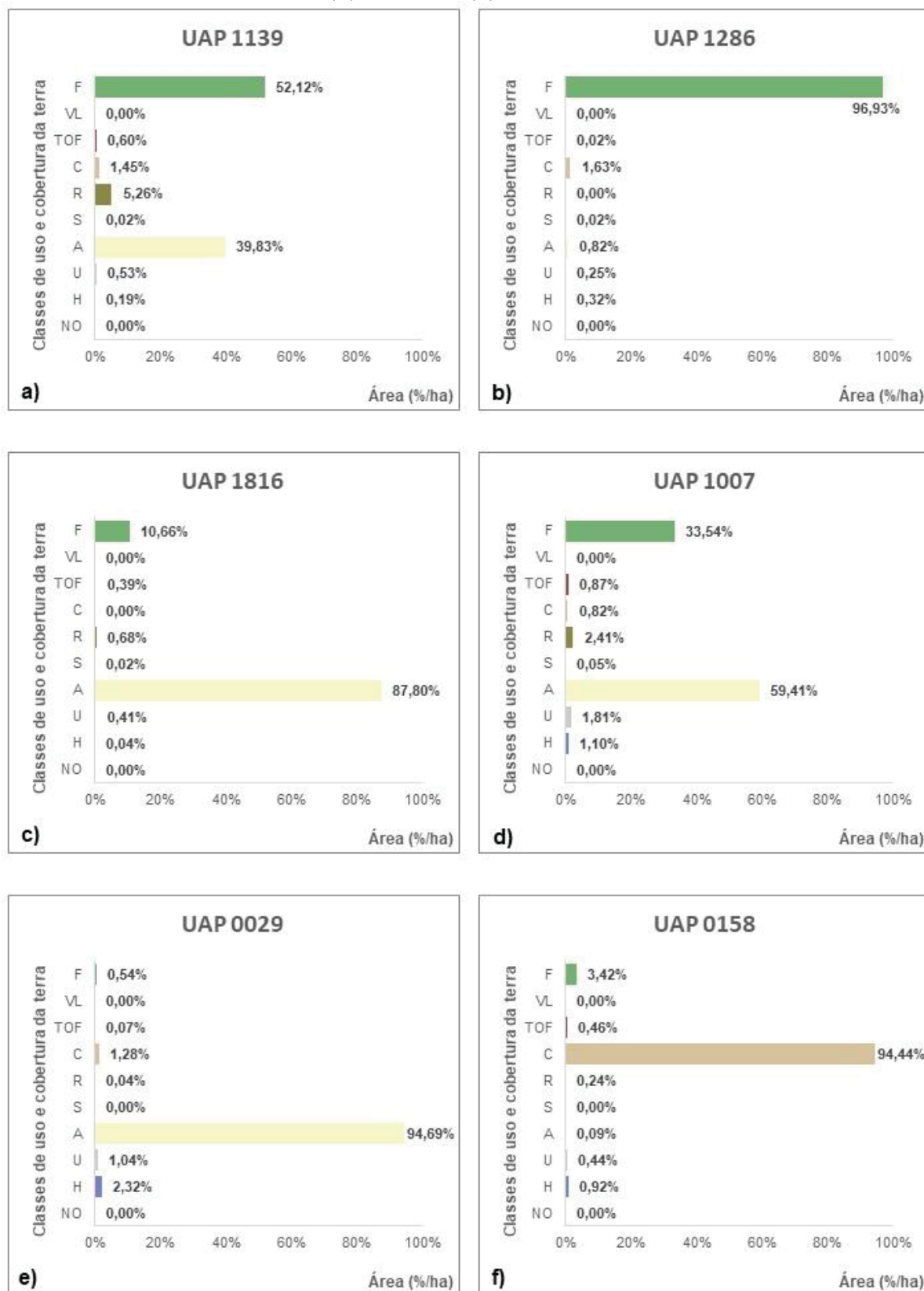
A composição das paisagens selecionadas para a discussão pode ser observada na FIGURA 37. A UAP 1139 (FIGURA 37a), localizada em área de Floresta Ombrófila Mista, embora possua mais da metade de sua área (52,12%) com Floresta Natural, apresenta uma porção significativa recoberta pela classe Agricultura e Pastagem (39,83%), sendo que as outras classes apresentam valores bem próximos a zero. A UAP 1286 (FIGURA 37b), selecionada por abranger uma Reserva Natural, tem 96,93% de sua área ocupada por Floresta Natural, demonstrando, nesse caso particular, a eficácia das unidades de conservação em manter a cobertura vegetal original. Ainda no Paraná, a Unidade Amostral de Paisagem 1816 (FIGURA 37c), caracterizada pela localização no arenito Caiuá e pela presença da Floresta Estacional Semidecidual, apresenta 87,80% da sua área coberta pela classe Agricultura e Pastagem, e apenas 10,66% da classe Floresta Natural. Pode-se, assim, constatar que grande porção da Floresta Estacional que havia no local está se extinguindo e sendo substituída pela agricultura. Esse exemplo corrobora a importância da análise e caracterização periódica dos componentes da paisagem, no sentido de se identificar áreas que estão sofrendo influência antrópica e que necessitam de fiscalização frequente associada a programas para a conservação dos remanescentes ainda presentes no local.

Ainda considerando a tipologia Floresta Estacional Semidecidual, na UAP 1007 (FIGURA 37d), localizada no estado de Santa Catarina, observou-se 33,54% da área constituídos pela classe Floresta Natural e outra expressiva percentagem (59,41%), pela classe Agricultura e Pastagem. Em função da constatação da predominância da classe agrícola, é desejável poder se detectar mudanças ao longo dos anos para afirmar se se trata de um processo contínuo de crescimento do cultivo em substituição à vegetação natural ou se a paisagem já está estabilizada nessa composição.

As duas Unidades Amostrais localizadas no estado do Rio Grande do Sul, apresentam características bastante representativas no âmbito das tipologias, sendo uma de Formação Pioneira das Terras Baixas e outra caracterizada pelos campos sulinos (Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria). A UAP 0029 (FIGURA 37e) apresentou quase a totalidade de sua área (94,69%) recoberta pela classe Agricultura e Pastagem, sendo a segunda classe em percentagem a de Superfície com Água (2,32%), o que reflete a presença maciça do cultivo de arroz e a grande influência das águas utilizadas nessa cultura agrícola. A UAP 0158 (FIGURA 37f) apresentou 94,44% da área ocupada pela classe Gramíneas e Herbáceas, seguida pela classe Floresta Natural, com apenas 3,42% da área, bem representando a tipologia campos sulinos predominante na metade sul do estado.

De forma geral, analisando as UAPs em conjunto, as maiores percentagens de uso e cobertura foram atribuídas às classes Floresta Natural, Agricultura e Pastagem e Gramíneas e Herbáceas. Todas as outras classes, embora presentes na paisagem, apresentaram valores muito baixos, próximos a zero, constatando-se uma baixa representatividade de área quando analisada uma extensão de 10km x 10km, como é o caso das Unidades Amostrais de Paisagem. Entretanto, todas as classes são fundamentais para uma interpretação e visão geral das paisagens e de como elas estão compostas.

FIGURA 37. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA EM SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

Os índices de composição espacial da paisagem podem ser agrupados, sendo o primeiro grupo referente à proporção de cobertura arbórea/arbustiva, que engloba as classes de floresta natural, outras terras com vegetação lenhosa e as árvores fora da floresta; e o segundo relacionado à proporção de outras áreas naturais/seminaturais, abrangendo as classes de gramíneas e herbáceas e floresta plantada. Tais índices são apresentados na TABELA 10, em valores adimensionais variando de 0 a 100%.

TABELA 10. ÍNDICES GERADOS NO MODELO DE COMPOSIÇÃO DA PAISAGEM PARA SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.

Índice de Composição da Paisagem	(%)					
	UAP 1139	UAP 1286	UAP 1816	UAP 1007	UAP 0029	UAP 0158
Proporção de cobertura arbórea/arbustiva	52,72	96,96	11,06	34,41	0,62	3,88
Proporção de outras áreas naturais/ seminaturais	6,71	1,63	0,68	3,23	1,32	94,67

FONTE: O autor (2018).

Como era esperado, as duas UAPs que possuem predominância da classe Floresta Natural (UAPs 1139 e 1286), apresentaram índices maiores para a proporção de cobertura arbórea/arbustiva. Porém, a UAP 1286, por ter uma porção maior de floresta natural e praticamente nenhuma outra classe de cobertura, apresentou um baixo índice de proporção de outras áreas naturais/seminaturais quando comparado à UAP 1139. Esta, apesar de possuir predominância de floresta natural, possui, também, uma quantidade maior de cobertura de gramíneas e herbáceas e floresta plantada.

Uma característica importante destes índices é que duas UAPs (0029 e 0158), apresentaram uma percentagem muito baixa para a classe floresta natural, possuindo predominância de agricultura e gramíneas e herbáceas, respectivamente. Para estes índices, a UAP 0029 apresenta uma riqueza quase nula de cobertura arbórea/arbustiva ou qualquer outra área natural/seminatural, o que não ocorre com a UAP 0158, que apresenta alto valor de percentagem para proporção de áreas naturais/seminaturais (94,67%).

No software *Fragstats*, a seleção dos índices a serem considerados foi norteada pelos resultados do projeto SISPADES, da Espanha. No âmbito da composição da paisagem, além da percentagem da área ocupada por cada classe,

os resultados gerados envolvem o Índice de Riqueza da Paisagem (PR). O PR gera resultados adimensionais, apenas com o número de classes encontradas na paisagem, sendo que no caso deste projeto, este resultado pode variar de 0 a 10, que são as classes das UAPs. Na TABELA 11, pode ser observada a quantidade de elementos presentes em cada Unidade Amostral avaliada. Nota-se que, de forma geral, as seis UAPs, mesmo possuindo diferentes caracterizações em suas tipologias, apresentam números semelhantes de componentes na paisagem, variando entre sete e oito elementos. Em relação ao total máximo de 10, esses valores são altos, porém é necessário conhecer a participação relativa de cada elemento e de como eles estão configurados para uma melhor avaliação e caracterização das paisagens em questão.

TABELA 11. ÍNDICES GERADOS DE RIQUEZA DO FRAGMENTO DA PAISAGEM PARA SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.

Índices de Riqueza do Fragmento	UAP 1139	UAP 1286	UAP 1816	UAP 1007	UAP 0029	UAP 0158
PR	8	7	7	8	7	8

FONTE: O autor (2018).

É importante ressaltar que os valores absolutos e percentuais são dependentes da acurácia da classificação temática efetuada previamente à análise de paisagem e que constitui a base de cálculo dos índices de paisagem. Frequentemente as classes possuem resposta espectral bem similar, confundindo-se tanto na fase de classificação automática quanto na interpretação visual efetuada na pós-classificação.

5.4.2. CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM

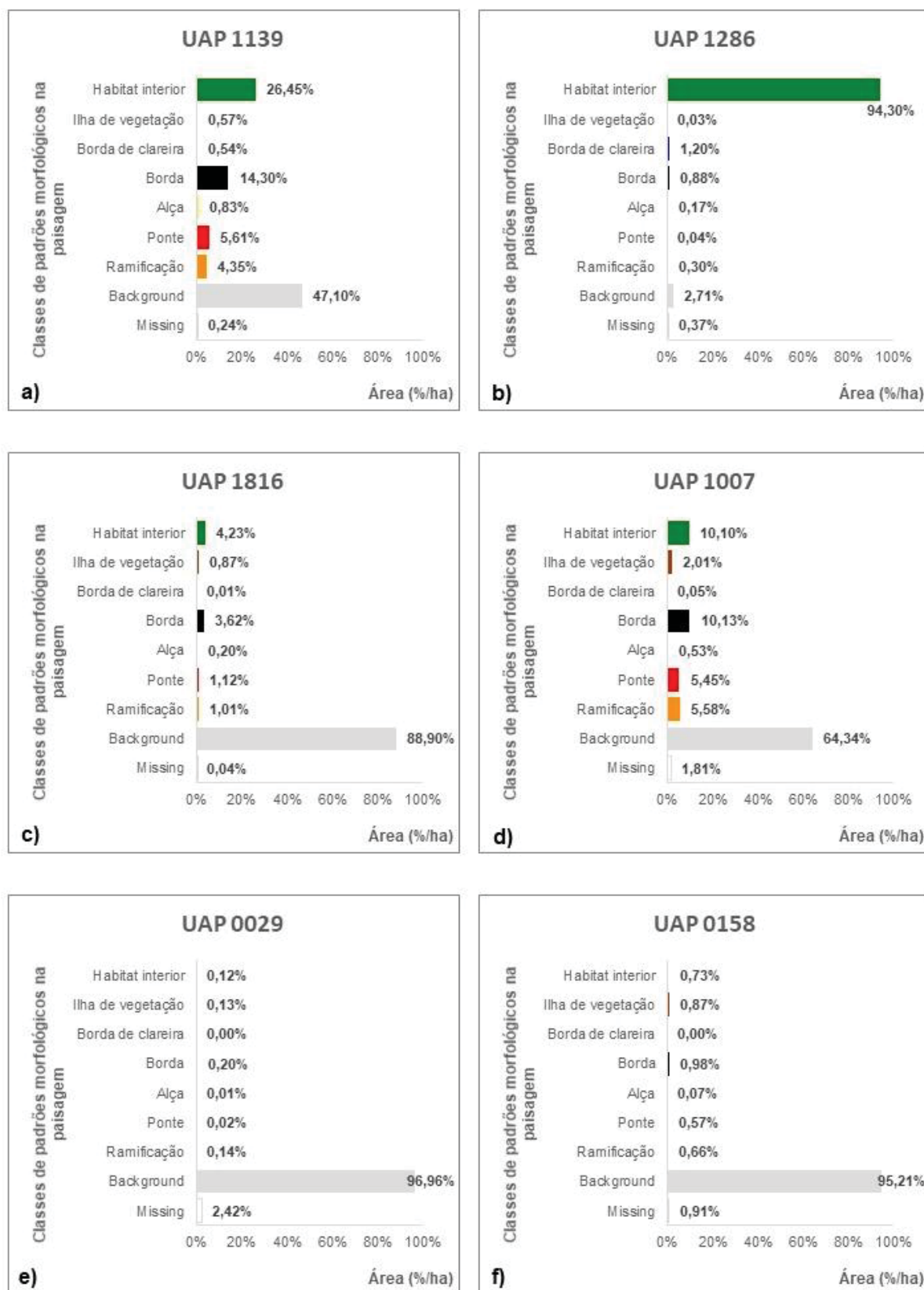
Os índices de configuração da paisagem estão relacionados a como os elementos da paisagem estão distribuídos. Desta forma, os valores resultantes se apresentam, na maioria, em percentagem variando de 0 a 100%, correspondendo ao valor da área das UAPs, de 10km x 10km.

5.4.2.1. GUIDOSTOOLBOX

Os índices gerados pelo software *GuidosToolbox* foram analisados e discutidos para o subconjunto das seis UAPs, de forma a possibilitar comparações entre elas, dadas suas diferenças e similaridades. De forma geral, nessas seis Unidades Amostrais de Paisagem predominam as seguintes classes de uso e cobertura da terra: Floresta Natural, Agricultura e Pastagem, e Gramíneas e Herbáceas, conforme mencionado no item 5.4.1. Assim, os resultados das UAPs 1139 e 1286 frequentemente puderam ser interpretados conjuntamente em função de sua similaridade, considerando que ambas possuem mais que 50% de sua área total com predominância florestal (52,12% e 96,93%, respectivamente). Já as UAPs 1816, 1007 e 0029 apresentaram mais que 50% de sua área com Agricultura e Pastagem, com valores respectivamente iguais a 87,80%, 59,41% e 94,69%. Por fim, a UAP 0158, apresentou predominância da classe Gramíneas e Herbáceas, com ocupação de 94,44% da sua área.

Apesar da predominância das classes de uso e cobertura, a primeira análise a ser efetuada no software *GuidosToolbox* foi a MSPA, que utiliza a extração de uma máscara apenas com a classe de cobertura arbórea/arbustiva (*foreground*), correspondendo às classes Floresta Natural, Outras Terras com Vegetação Lenhosa e às Árvores Fora da Floresta. Todas as demais classes que não se encaixam nas classes de cobertura arbórea/arbustiva são denominadas *background* e excluídas da análise, que é aplicada somente ao *foreground*. Desta forma, aquelas UAPs com maior predominância de Floresta Natural apresentaram valores mais altos para as categorias geradas pela MSPA. Com isto, é possível observar na FIGURA 38, que as UAPs que possuem maior porcentagem de área classificada como *background* e valores baixos ou quase nulos para a cobertura arbórea são a 0029 (FIGURA 38e) que possui 94,69% da sua área com agricultura (cultivo de arroz), e a 0158 (FIGURA 38f), que possui 94,44% de sua área coberta por gramíneas e herbáceas, que são os campos sulinos.

FIGURA 38. VALORES DAS CATEGORIAS GERADAS PELA ANÁLISE MSPA PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

Na análise MSPA, como já detalhado no item 4.2.7.3.1.1., o *foreground* é dividido em sete categorias ou classes de padrão morfológico: habitat interior, borda, borda de clareira, ponte, alça, ramificação e as ilhas de vegetação. As UAPs que na análise anterior possuíam resultados similares por apresentar uma predominância de cobertura da terra como Floresta Natural, apresentaram resultados diferentes na análise das classes de padrões morfológicos, já que neste último avalia-se a distribuição espacial deste componente.

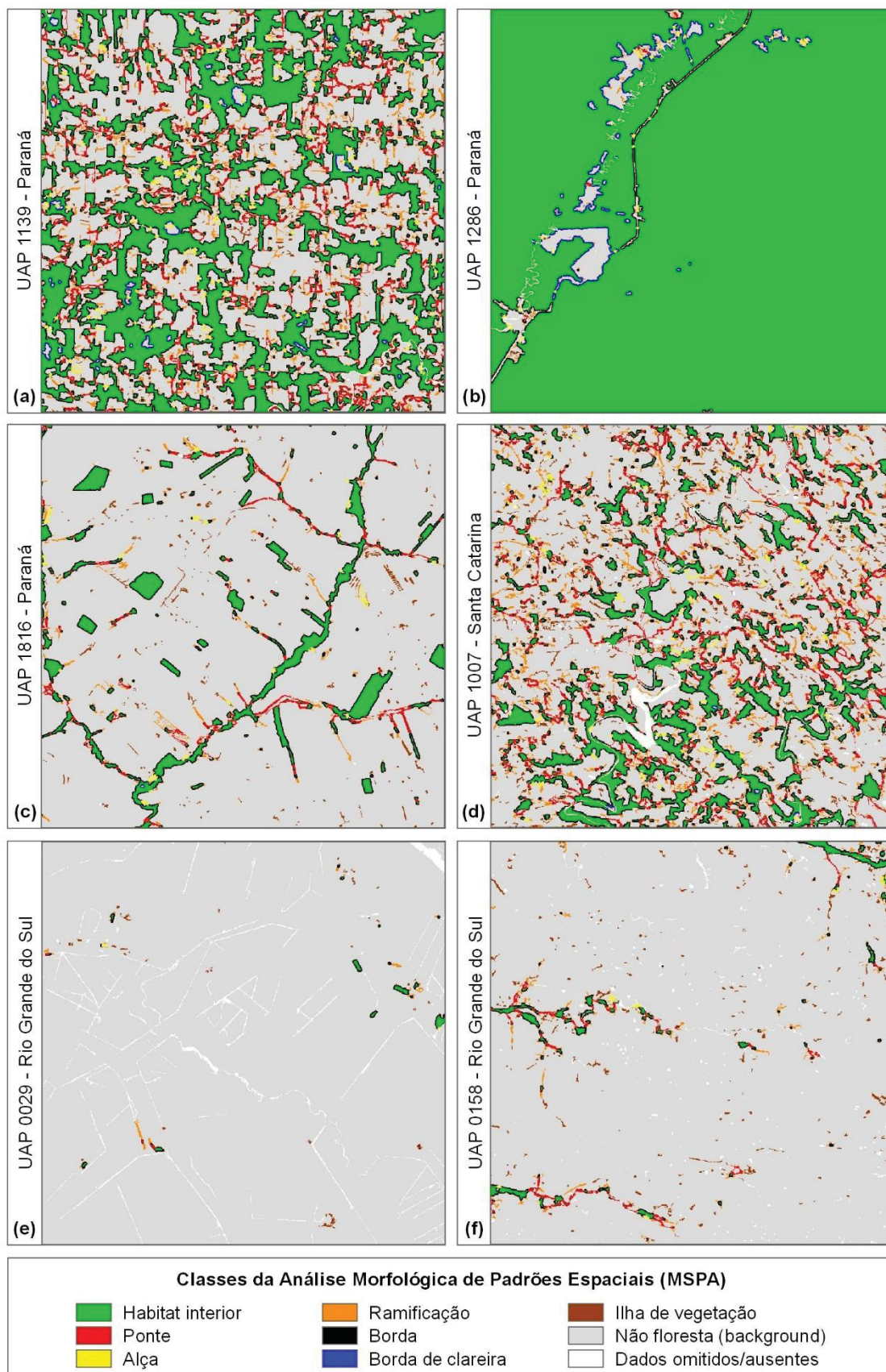
No caso da UAP 1286 (FIGURA 38b), caracterizada por ser uma Reserva Natural, a classe habitat interior ou área *core* - correspondente àquelas áreas de classe de cobertura arbórea/arbustiva situadas além de uma distância de 30 metros (borda) em relação ao *background* - compõe 94,30% da área do *foreground*, enquanto as outras classes de padrão morfológico apresentam valores próximos ou inferiores a 1%; apenas 2,75% da sua área foi classificada como *background*, ou seja, praticamente toda a área possui cobertura arbórea/arbustiva. Assim, nessa UAP a cobertura florestal se distribui de forma contínua sobre o território, distintamente do que ocorre na UAP 1139 (FIGURA 38a), que, apesar de também possuir predominância na classe de uso Floresta Natural, apresenta uma percentagem de área *core* de 26,45%. Isso indica que os fragmentos são menores, possuindo valores mais altos para as outras classes de padrão morfológico que fazem a ligação entre esses habitats interiores. Sua percentagem de área denominada como *background* é maior (47,10%) do que aquela apresentada pela UAP 1286, em função do percentual relevante de cobertura agrícola em sua composição.

Desta forma, pode-se constatar que altos valores para os índices de composição no que se refere à classe Floresta Natural não refletem, necessariamente, a existência de grandes áreas de habitat interior, uma vez que a extensão e participação dessa categoria dependem da configuração da paisagem. Baixos valores percentuais para áreas *core* são associados à presença de fragmentos menores e mais susceptíveis a influências antrópicas. Segundo Saura et al. (2011), dos padrões morfológicos fornecidos pelo MSPA, dois são os mais importantes para fornecer contribuição para a conectividade entre as florestas na paisagem – áreas *core* e *bridge*, citando que a perda de um deles pode afetar a conexão entre as áreas florestais; as demais classes correspondem a elementos totalmente isolados (*islets*) ou a aqueles que não alcançam uma nova área *core*

(*loops, edges, perforations, branches*).

Além disso, nas UAPs 1139 e 1007, 14,30% e 10,13% das florestas, respectivamente, são consideradas “borda” e estão a até 30 metros de distância de outras classes de uso e cobertura. Isso as torna potencialmente menos aptas a funcionar como habitats interiores e mais vulneráveis à ocorrência de espécies invasoras, pragas e doenças. Nas outras UAPs estes valores são 0,88% para a UAP 1286, 3,62% para a UAP 1816, 0,20% para a UAP 0029 e 0,98% para a UAP 0158. Para Unidades Amostrais de Paisagem que possuem, por exemplo, grandes extensões cobertas por outras classes como Agricultura e Pastagem (UAPs 1816, 1007 e 0029 – FIGURA 38c, d, e, respectivamente) ou Gramíneas e herbáceas (UAP 0158 – FIGURA 38f), o valor percentual do *background* na análise MSPA é quase 100%. Na FIGURA 3939, é possível observar a configuração das paisagens no formato de um mapa, e como se distribuem as diversas categorias MSPA resultantes da divisão da classe de uso e cobertura Floresta Natural.

FIGURA 39. MAPAS DOS ÍNDICES DE PADRÃO MORFOLÓGICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DAS SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

Vale ressaltar que uma grande percentagem de área *core* não é um indicativo de maior quantidade de polígonos nesta classe. Isso pode ser observado na UAP 1286 (FIGURA 3939b), que possui apenas 58 polígonos classificados como área *core*, sendo a paisagem com maior percentagem desta classe – 94,30%; a maior importância é atribuída à área que estes polígonos ocupam, e não à sua quantidade. Assim, como contraste, pode ser citada a UAP 1007 (FIGURA 3939d), que apresenta 1222 polígonos e uma percentagem de 10,10% de área *core*. A UAP 0029 (FIGURA 3939e), que apresenta apenas 0,12% de área *core*, possui 28 polígonos, seguida da UAP 0158 (FIGURA 3939f) que, com 0,73% desta classe, totaliza 149 polígonos. A UAP 1139 (FIGURA 3939a) possui 26,45% de área *core* na paisagem e a UAP 1816 (FIGURA 3939c) apenas 4,23%, com um total de 739 e 302 polígonos denominados de habitat interior, respectivamente. Em termos visuais, uma maior quantidade de polígonos da paisagem sugere uma maior fragmentação. Entretanto, isso pode não se refletir nos índices específicos calculados para avaliar a fragmentação.

Os valores dos índices obtidos por meio desta análise são adimensionais e variam de 0 a 100% quando a área é representada em percentagem ou em hectares, quando apresentada em unidade de área (TABELA 12); a soma das classes morfológicas corresponde a 100% da área de classe arbórea/arbustiva.

Conforme mencionado anteriormente, esses índices possibilitam uma avaliação prévia da fragmentação da paisagem por meio da observação da razão *hábitat interior/hábitat não-interior*. Nota-se, por exemplo, quão pouco fragmentada é a UAP 1286, já que possui 94,30% de *hábitat interior*, e quase nenhuma percentagem de área nos índices de *hábitat não-interior*. A segunda UAP com maior percentagem de *hábitat interior* é a 1139, porém possui altos valores de percentagem nos índices denominados *bordas e conectores* e *ramificações*, sendo resultado de uma paisagem mais fragmentada. As UAPs 1816 e 1007 apresentam valores bem equilibrados quanto aos índices de padrões morfológicos, não possuindo grandes extensões de *hábitat interior*. As UAPs 0029 e 0158 apresentaram valores de *habitat interior* bem próximos a zero por possuírem predominância de classes que não entram na máscara do *foreground*, à qual a análise é aplicada.

TABELA 12. ÍNDICES GERADOS NO MODELO DOS PADRÕES MORFOLÓGICOS DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS

Índice	UAP 1139		UAP 1286		UAP 1816		UAP 1007		UAP 0029		UAP 0158	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Habitat interior	2645,14	26,45	9430,08	94,30	422,81	4,23	1010,09	10,10	11,86	0,12	72,84	0,73
Ilha de vegetação	56,67	0,57	2,51	0,03	87,32	0,87	201,14	2,01	13,17	0,13	86,64	0,87
Bordas	1484,39	14,84	208,00	2,08	362,92	3,63	1018,45	10,18	20,20	0,20	97,98	0,98
Conectores e ramificações	1079,67	10,80	51,46	0,51	232,67	2,33	1155,48	11,55	16,24	0,16	130,50	1,31
<i>Foreground</i>	5265,86	52,66	9692,05	96,92	1105,71	11,06	3385,15	33,85	61,47	0,61	387,96	3,88

FONTE: O autor (2018).

Segundo Vogt e Riitters (2017), o resultado da análise MSPA é uma cópia do mapa de entrada, porém, com os objetos do primeiro plano – *foreground* – segmentados em um conjunto de classes morfológicas, sendo este um processo aplicado para detectar áreas intactas, diferenciar áreas de interior e áreas de borda e encontrar as conexões entre elas. Isso pôde ser observado nas UAPs que apresentavam grande percentagem de área com cobertura florestal, mas com percentagens de áreas interiores diferentes.

Posteriormente à análise MSPA, realizou-se a análise do modelo de mosaico da paisagem – LM (*Landscape Mosaic*). Essa análise tem como resultado gráficos com as proporções, em percentagem, da superfície ocupada pelas diferentes classes de mosaico da paisagem (FIGURAS 40 e 41), classificando um determinado local de acordo com a quantidade de agricultura intensiva e de áreas urbanizadas ao seu redor. Na classe denominada “Natural”, estão presentes as classes de uso e cobertura da terra “Floresta Natural”, “Outras Terras com Vegetação Lenhosa”, “Gramíneas e Herbáceas” e “Floresta Plantada”. Na classe denominada Agrícola, encontra-se a classe de cobertura “Agricultura e Pastagem”, e a classe Artificial envolve as classes de cobertura “Solo exposto” e “Influência Urbana”.

De acordo com Estreguil, De Rigo e Caudullo (2014), quando os valores são altos para “paisagens florestais com algum elemento natural” (TABELA 13), verifica-se florestas encravadas em contextos predominantemente agrícolas ou urbanizados, como é observado na UAP 1007, mesmo não apresentando grandes áreas florestais. No caso da UAP 1139, a maior percentagem dos índices se encontra no

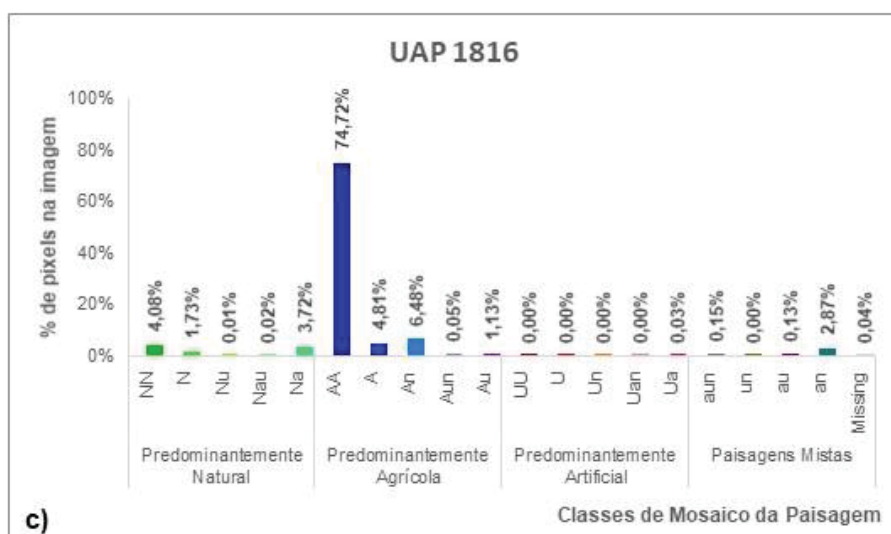
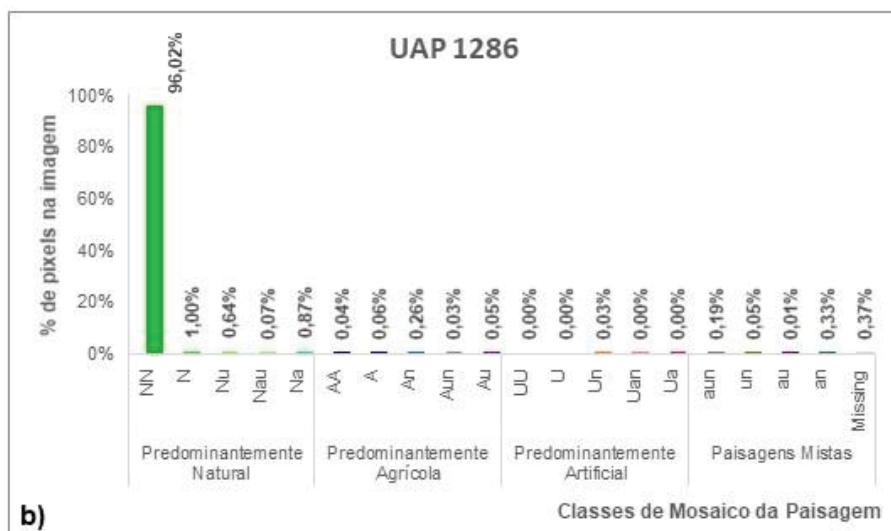
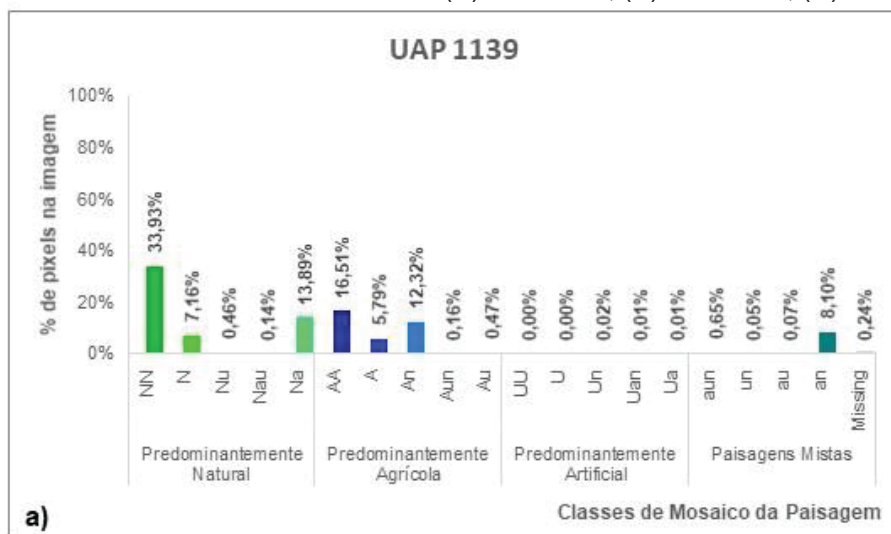
“padrão de paisagem florestal natural”, se enquadrando em áreas em que, segundo Estreguil, De Rigo e Caudullo (2014), as florestas são distribuídas em fragmentos relativamente grandes ou de forma sempre adjacente a outras terras naturais e seminaturais, o mesmo ocorrendo com as UAPs 1286 e 0158.

As UAPs 1139 e 1007 têm como tipologia Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, respectivamente, porém, apresentam uma grande percentagem de superfície com área agrícola, já que nestes resultados, seus percentuais distribuem-se ao longo das classes de mosaico da paisagem.

Duas UAPs que apresentam perfis semelhantes são a 1286 (FIGURA 40b) e a 0158 (FIGURA 4141c). Elas possuem quase 100% da superfície cobertas por floresta natural e pelos campos sulinos, respectivamente. Assim, com relação aos índices de mosaico da paisagem, apresentaram dominância na classe predominantemente natural, classificada como NN, sendo quase inteiramente uma paisagem sem influência agrícola ou áreas artificiais. Em ambos os casos, os índices refletem o estado de conservação dessas tipologias, sendo a UAP 1286 uma Reserva Natural e a 0158 uma representante característica do Pampa, no estado do Rio Grande do Sul.

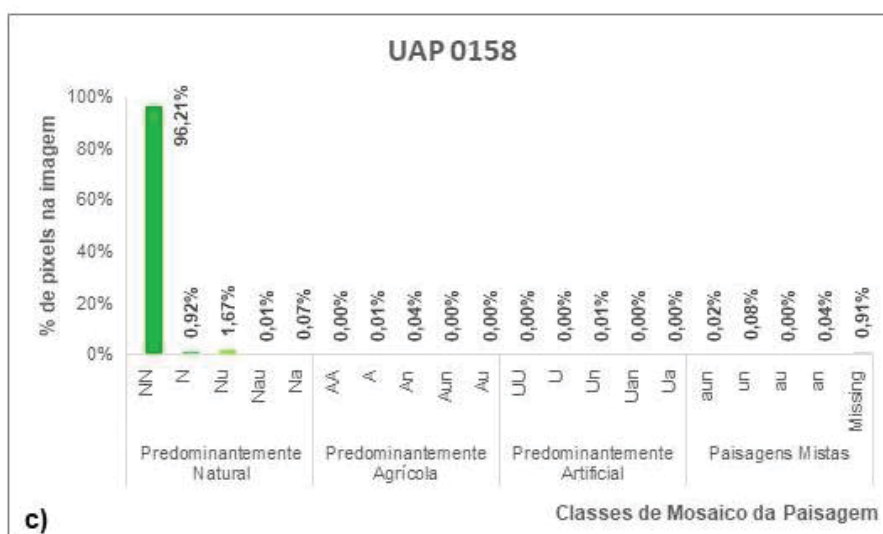
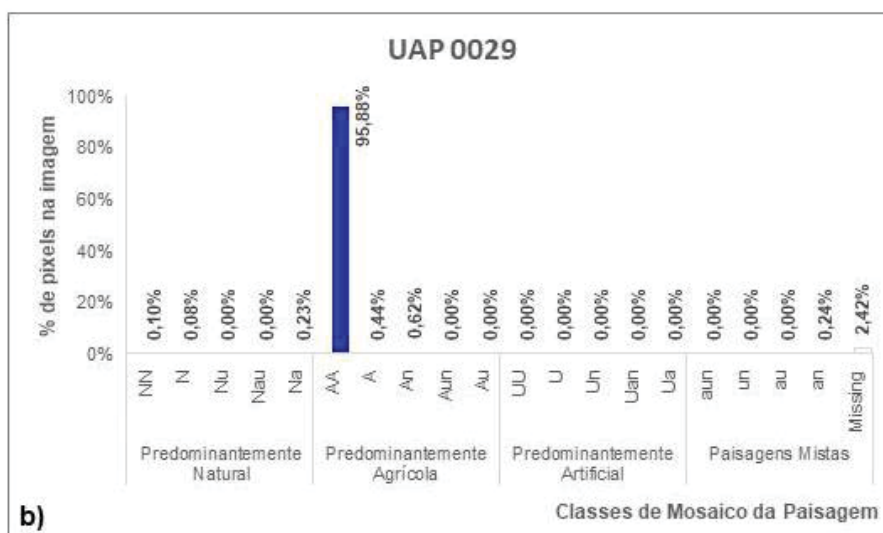
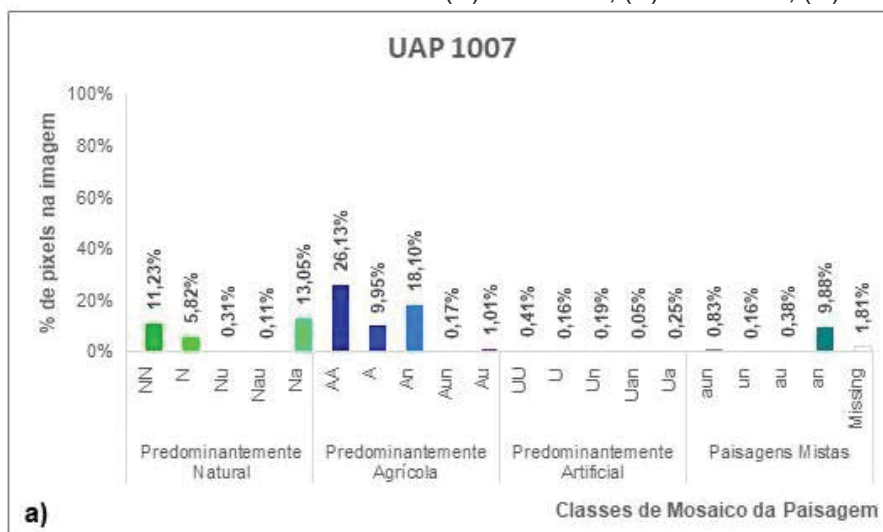
As outras duas UAPs com predominância agrícola, 1816 (FIGURA 40c) e 0029 (FIGURA 4141b), possuem como tipologia a Floresta Estacional Semidecidual e a Formação Pioneira das Terras Baixas, respectivamente. Entre as classes de mosaico da paisagem, porém, foram classificadas como predominantemente agrícolas, não possuindo influência das classes naturais.

FIGURA 40. GRÁFICO COM AS PROPORÇÕES DAS CLASSES DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DAS TRÊS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816.



FONTE: O autor (2018).

FIGURA 41. GRÁFICO COM AS PROPORÇÕES DAS CLASSES DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DAS TRÊS UAPS: (A) UAP 1007; (B) UAP 0029; (C) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

Essas proporções podem ser mais bem visualizadas pelos índices gerados (TABELA 13), que são resultado da soma dos percentuais da ocupação das classes de mosaico da paisagem, agrupados de acordo com sua natureza em: padrão de paisagem floresta natural, padrão de paisagem florestal mista e paisagem florestal com algum elemento natural.

TABELA 13. ÍNDICES GERADOS NO MODELO DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS

Índice de Mosaicos da Paisagem	Classes de LM	UAP 1139	UAP 1286	UAP 1816	UAP 1007	UAP 0029	UAP 0158
Padrão de paisagem florestal natural	NN e N	41,09%	97,02%	5,82%	17,05%	0,17%	97,13%
Padrão de paisagem florestal mista	Nu, Nau e Na	14,49%	1,58%	3,75%	13,47%	0,23%	1,74%
Paisagem florestal com algum elemento natural	An, Aun, Un, Uan, aun, un e an	21,31%	0,86%	9,56%	29,38%	0,86%	0,19%

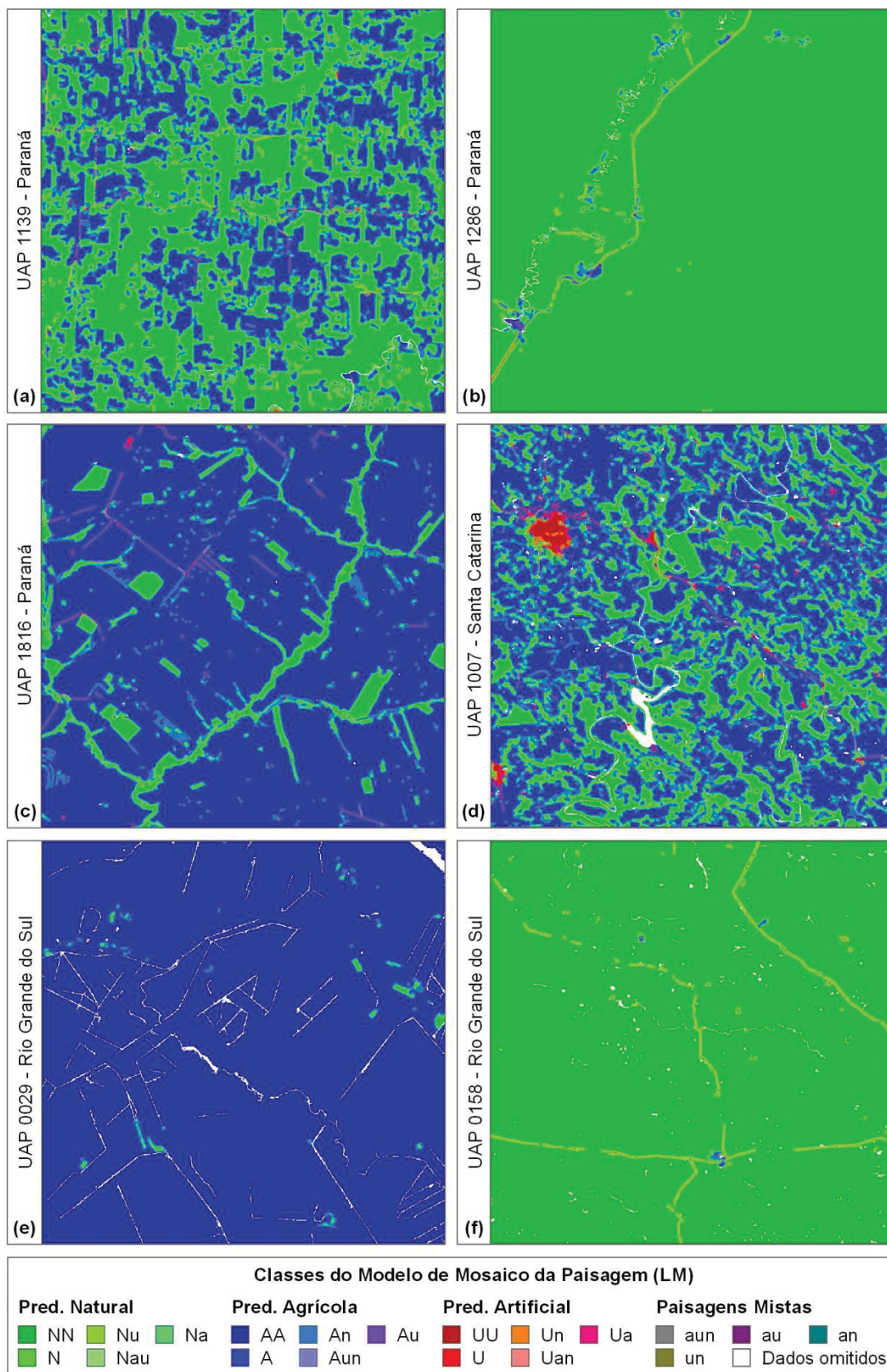
FONTE: O autor (2018).

De acordo com esses índices, nota-se que apenas duas (UAPs 1286 e 0158) do subconjunto de seis analisadas, podem ser classificadas como uma paisagem com padrão de floresta natural. Todas as outras apresentam valores baixos e distribuídos de forma mais equitativa quanto aos três padrões possíveis de paisagem, não se destacando em nenhum especificamente.

É importante notar que a UAP 0158 apresenta características diferentes das outras UAPs. Essa UAP, situada no Rio Grande do Sul, tem como tipologia Savana Gramíneo-Lenhosa com floresta de galeria, apresentando em sua composição valores bem próximos de 100% com predominância da classe “Gramíneas e Herbáceas”. Na análise MSPA, entretanto, apresentou valores quase nulos para as diferentes categorias por não possuir cobertura arbórea/arbustiva. Já na análise do mosaico da paisagem, foi-lhe atribuído um padrão de predominância natural, com valores bem próximos a zero nos outros dois padrões, já que a classe “Gramíneas e Herbáceas” se encaixa na classe denominada como Natural na análise LM.

Por meio dos mapas gerados (FIGURA 42), é possível ter uma visão mais geral do comportamento de cada UAP, pelas diferentes tonalidades que representam as predominâncias natural, agrícola, artificial ou mistas – sendo que dentre essas UAPs, destacaram-se paisagens predominantemente naturais ou predominantemente agrícolas.

FIGURA 42. MAPAS DOS ÍNDICES DE MOSAICO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

A análise de mosaico da paisagem pode ser adaptada de acordo com os objetivos específicos de cada estudo. Silva et al. (2015) aplicaram o sistema LM como um resultado da composição da paisagem, adaptando-o para as classes de interesse do estudo – Floresta, Bambu e Copa seca - para a classificação tripolar, concluindo que a análise do padrão da paisagem por meio das métricas do software *GuidosToolbox* foi adequada. Esse método de análise pode ser utilizado, segundo Vogt e Riitters (2017) para determinar tipos de cobertura da terra dominantes e zonas de interface antrópica/natural, detectando, ao longo do tempo, paisagens que estão alterando o mosaico por meio dos movimentos geográficos de mudança. Ainda com a análise de mosaico da paisagem é possível gerar informações sobre riscos de isolamento de habitats e efeitos de borda em um local específico, devido a ações antrópicas; de forma geral, são estimadas proporções de florestas ou campos naturais em paisagens com predominância de cobertura natural, urbanizada ou agrícola.

A análise LM representa, conforme mencionado anteriormente, uma camada de *input* para o modelo de interface de bordas. Associando os resultados do LM à análise dos padrões morfológicos (MSPA), gera-se a caracterização das bordas do hábitat interior (áreas *core*), de acordo com a similaridade de habitats adjacentes – bordas de cobertura arbórea/arbustiva ao longo de áreas naturais ou seminaturais, antrópicas ou artificiais. Esse modelo resultou em seis índices, expressos em percentagem, mostrados na TABELA 14.

TABELA 14. ÍNDICES GERADOS NO MODELO DE INTERFACE DE BORDAS PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS

Índice	(%)					
	UAP 1139	UAP 1286	UAP 1816	UAP 1007	UAP 0029	UAP 0158
BONN	14,88	28,43	0,87	3,61	0,00	99,53
BOO	85,12	71,57	99,13	96,39	100,00	0,47
CONN	12,78	33,06	0,79	2,54	0,00	97,48
COO	87,22	66,94	99,21	97,46	100,00	2,52
ISNN	7,23	46,27	0,01	0,92	0,00	90,21
ISO	92,77	53,73	99,99	99,08	100,00	9,79

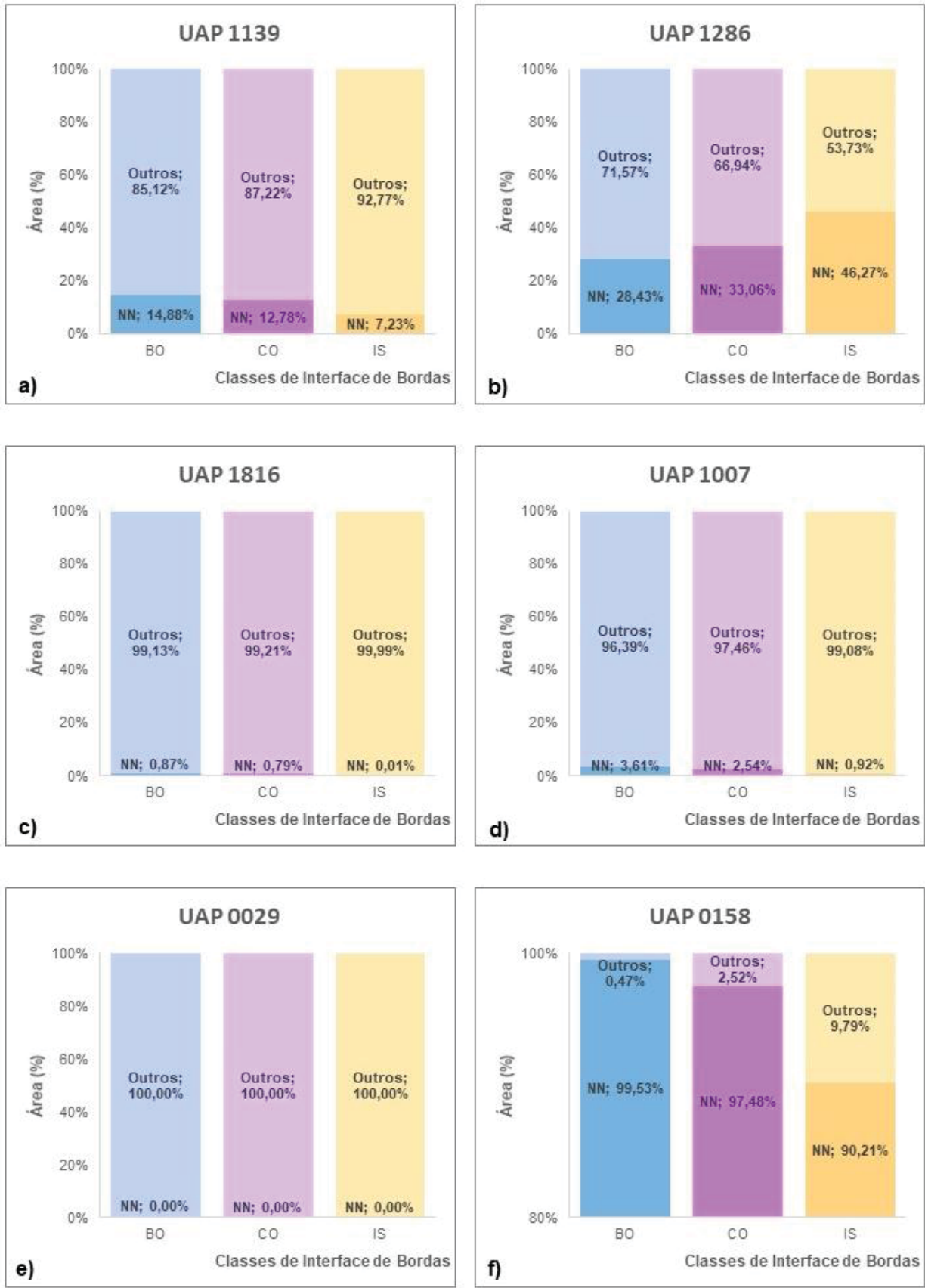
Bordas com interface natural (BONN); Bordas com interface artificial (BOO); Conectores e ramificações com interface natural (CONN); Conectores e ramificações com interface artificial (COO); Ilhas de vegetação com interface natural (ISNN); Ilhas de vegetação com interface artificial (ISO)

FONTE: O autor (2018).

Os valores apresentados na tabela 14 - também mostrados em gráfico de barras na FIGURA 4343 - indicam percentagem alta para a interface natural na UAP 0158 (FIGURA 4343f), tanto nas bordas, como nos conectores e ramificações e nas ilhas de vegetação. Isso ocorre por se tratar de uma área predominantemente natural, com praticamente 100% de sua área composta pela classe “Gramíneas e Herbáceas”. Além disso, a segunda classe com maior percentagem em sua composição é a “Floresta Natural”, e a terceira “Superfície com água”, não existindo valores altos de agricultura ou alguma outra influência antrópica que interfira artificialmente nas conexões presentes nesta paisagem. A UAP 1286, que praticamente tem predominância em habitat interior e vêm apresentando altos valores quando analisadas suas áreas naturais, possui valores médios nestes índices de borda, devido ao fato de ser uma paisagem pouco fragmentada, não possuindo muitos conectores, ramificações e ilhas de vegetação, como pode ser visto no mapa da FIGURA 44b.

Outra UAP a ser mencionada é a 0029 (FIGURA 4343e), apenas com valores extremos para os índices, sendo 0 ou 100%. Essa paisagem é totalmente agrícola, não possuindo cobertura arbórea/arbustiva, áreas *core* ou alguma predominância natural em seu mosaico de paisagem; desta forma seus valores são 100% para bordas, conectores e ramificações e ilhas de vegetação do âmbito artificial, e 0% para todos os outros com alguma interface natural. A UAP 1816 (FIGURA 4343c) apresenta valores bem próximos aos da UAP 0029, porém não possui os valores extremos. É uma paisagem com maior predominância agrícola, mas com alguns remanescentes florestais nas áreas de APP, como pode ser observado no mapa de taxonomia da paisagem, existindo, ainda que em grau pequeno, alguma percentagem de bordas e conexões com interface natural. A UAP 1007 (FIGURA 4343d) possui comportamento similar à UAP 1816, pois são duas unidades amostrais cuja tipologia é Floresta Estacional, mas com alto grau de superfície agrícola, possuindo valores altos para interfaces artificiais. Comparada às outras UAPs analisadas, a 1139 (FIGURA 4343a) também apresenta valores intermediários, mas com proporções mais altas para influências antrópicas.

FIGURA 43. GRÁFICO DO MODELO DE INTERFACE DE BORDAS PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.

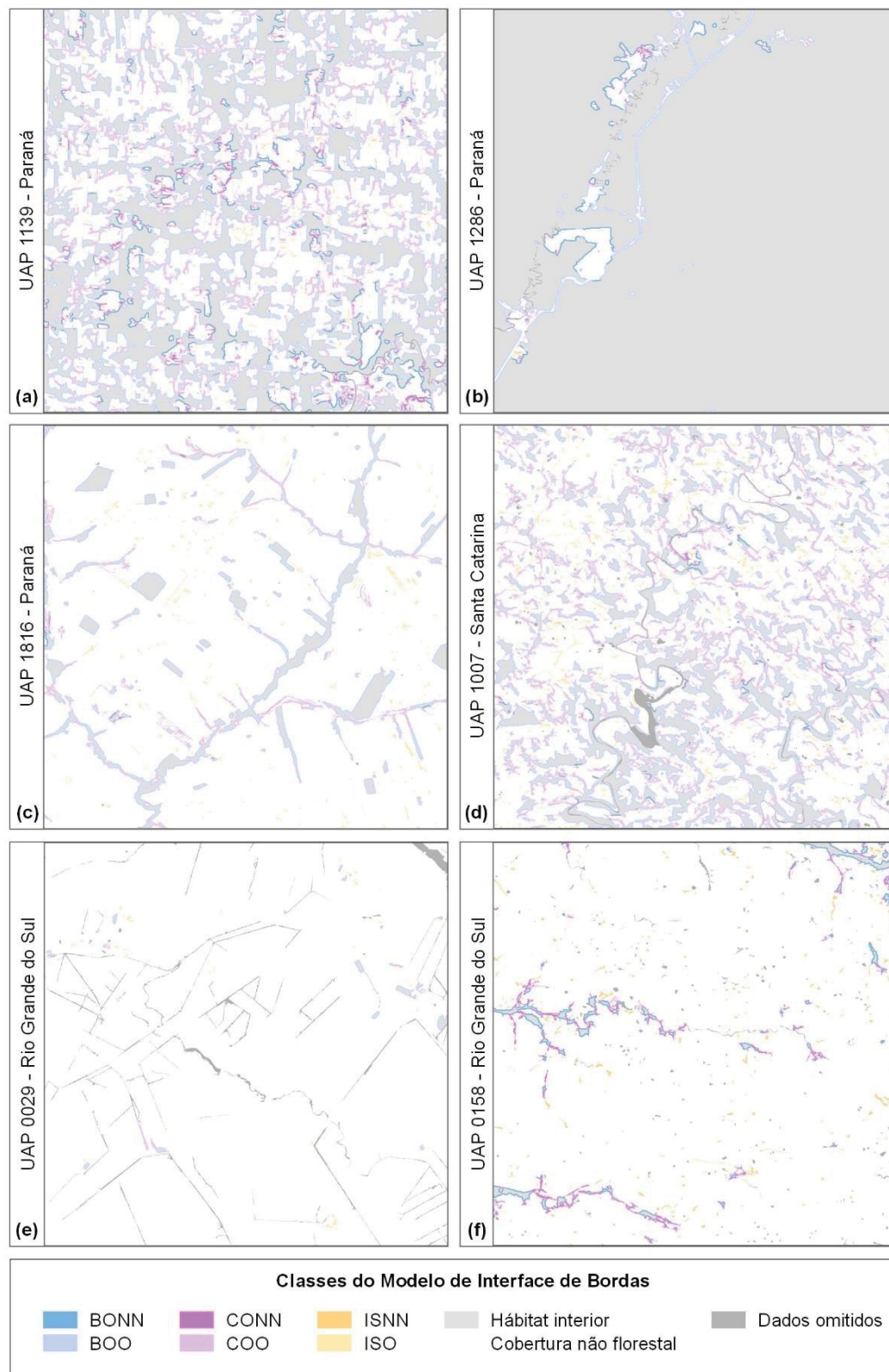


FONTE: O autor (2018).

Para melhor visualizar o modelo de interface de bordas, os resultados são apresentados em formato de mapa (FIGURA 44), realçando a distribuição espacial dos diferentes tipos de interface, além das áreas de hábitat interior, cobertura não florestal e eventuais dados ausentes. Pelo mapa é possível notar a diferença de cada UAP quanto a essas bordas, ressaltando-se a UAP 0029 (FIGURA 44e), que não possui bordas com interface natural. Quanto mais fragmentada a paisagem, maior é a quantidade de bordas, conectores e ramificações e ilhas de vegetação presentes, tal como se pode observar na UAP 1139 (FIGURA 44a).

O estudo das bordas da floresta é de extrema importância já que a fragmentação está relacionada à mudança do uso e cobertura da terra nestes locais. Como a permeabilidade das zonas de interface para a dispersão de espécies depende da similaridade dos tipos de habitat adjacentes, certamente essa dispersão é maior quando se trata de interfaces de bordas naturais. Desta forma, os índices com interfaces naturais mais altos (bordas, conectores e ramificações e ilhas de vegetação), apresentam situações mais favoráveis nesse sentido.

FIGURA 44. MAPAS DOS ÍNDICES DE MODELO DE INTERFACE DE BORDAS PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



BONN = Bordas com interface natural; BOO = Bordas com interface artificial; CONN = Conectores e ramificações com interface natural; COO = Conectores e ramificações com interface artificial; ISNN = Ilhas de vegetação com interface natural; ISSO = Ilhas de vegetação com interface artificial.

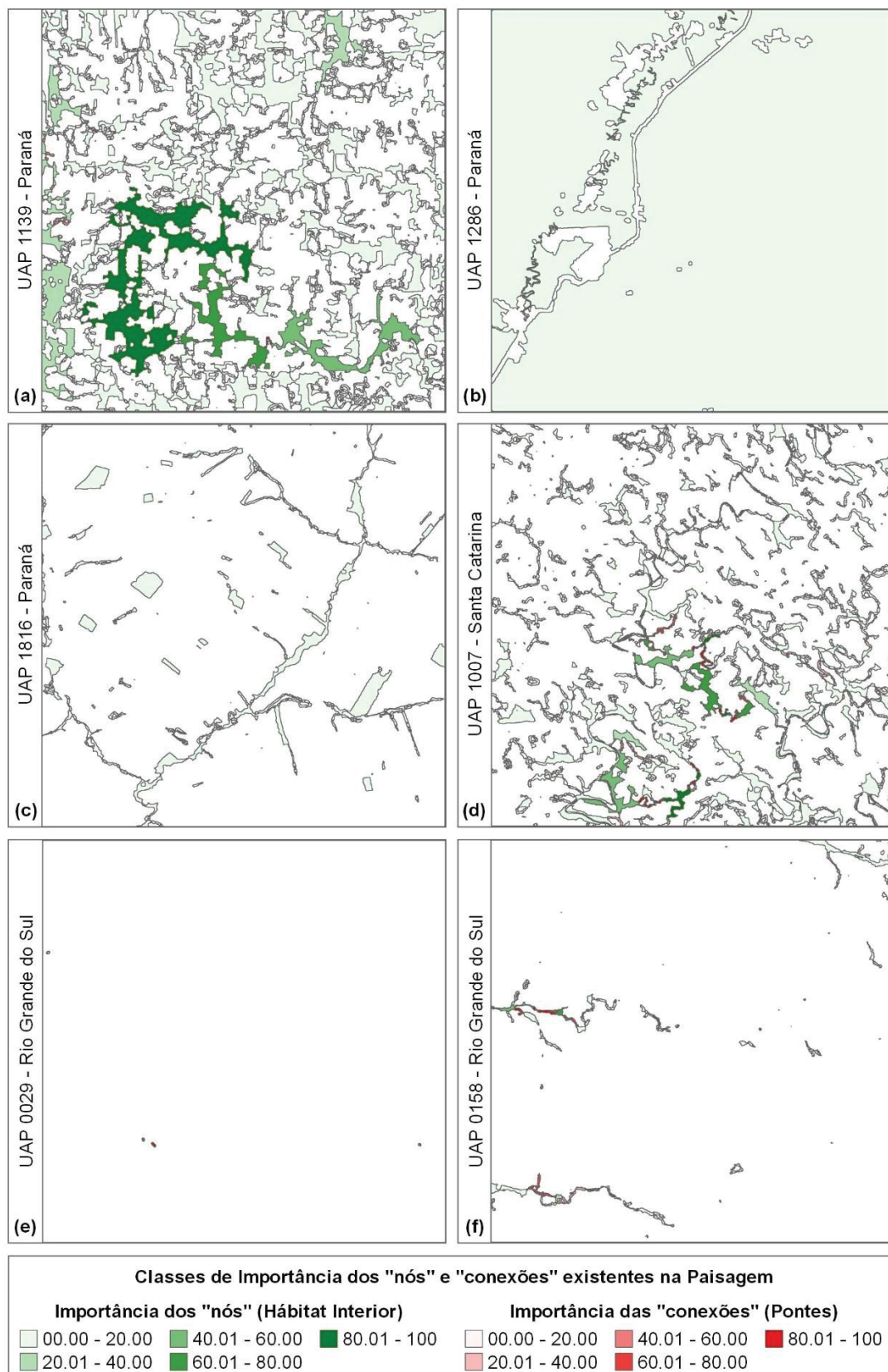
FONTE: O autor (2018).

Em seguida à análise do modelo de interface de bordas, foi executado o modelo de conectividade da paisagem. Esse modelo tem como resultado um mapa (FIGURA 45) que contém os nós e as conexões presentes em cada Unidade Amostral de Paisagem, e a respectiva graduação em termos de importância na paisagem, de acordo com os índices gerados por este modelo – dPC (decréscimo da probabilidade de conectividade), oriundo da análise MSPA. Os índices dPCs, para cada nó e conexão, são calculados com base no decréscimo de conectividade que seria verificado para uma determinada paisagem caso aquele nó ou conexão deixasse de existir.

Nos mapas gerados a partir desse modelo, a cor verde é utilizada para representar a visualização dos nós (habitat interior), e, a cor vermelha, para representação das conexões (“pontes”); quanto maior a intensidade dessas cores, maior é a importância do nó ou conexão avaliada. Na UAP 1139 (FIGURA 45a), por exemplo, é possível observar-se uma grande quantidade de nós e praticamente a ausência de conexões entre, no mínimo, duas áreas *core* – definição de “ponte”. O verde representado nesta UAP tem uma alta intensidade, resultando em nós de alta importância para esta paisagem e diferenciando-se completamente da UAP 0029 (FIGURA 45e), que aparentemente não possui nenhum nó ou conexão. Esta Unidade Amostral, caracterizada pelo predomínio de agricultura, possui apenas “pontes”, e estas são de alta importância, conforme observado pela intensidade da cor.

A UAP 1286 (FIGURA 45b), situada em uma Reserva Florestal, tem predominância da área caracterizada como habitat interior – área *core*. Desta forma, é difícil encontrar relações com a classe “ponte” ou ainda “nós”, que sejam de extrema importância, já que a paisagem é muito pouco fragmentada e pode ser denominada como uma extensa área contínua de Floresta Natural. As outras UAPs, 1816, 1007 e 0158 (FIGURAS 45c, 45d, 45f, respectivamente), por apresentarem baixa proporção de cobertura arbórea/arbustiva, possuem uma menor quantidade de conectividade entre as áreas, porém, quando presentes, as conexões possuem alto grau de importância, já que são as únicas existentes. Essas paisagens que são pouco conectadas, independentemente de o isolamento de determinados fragmentos florestais ter causas naturais ou antrópicas, requerem atenção no futuro principalmente com foco nas espécies mais vulneráveis aos efeitos da fragmentação e ainda mais no contexto das alterações climáticas.

FIGURA 45. MAPAS DOS ÍNDICES DO MODELO DE CONECTIVIDADE DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

Os índices gerados no modelo de conectividade da paisagem representam a importância dos conectores existentes na paisagem. São gerados como resultados três índices, o dPC total – somatório dos dPCs de todos os nós e conexões mostrados no mapa; o dPC do habitat – somatório dos dPCs dos nós mostrados no mapa; e o dPC conector – somatório dos dPCs das conexões mostradas no mapa, todos apresentados em percentagem. Além destes três índices, existem o PC e o AEC. O valor da métrica PC quantifica a conectividade funcional do habitat, sendo adimensional e definido pela probabilidade de que dois pontos, inseridos aleatoriamente na paisagem, estejam acessíveis entre si. O AEC é o índice geral de conectividade, expresso em unidades de área, definido pelo tamanho que um único fragmento deve possuir para conseguir o mesmo valor da métrica PC. Assim, na TABELA 15, encontram-se os valores destes índices para cada uma das seis UAPs do subconjunto do presente estudo.

TABELA 15. ÍNDICES GERADOS PELO MODELO DE CONECTIVIDADE DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.

Índice	(%)					
	UAP 1139	UAP 1286	UAP 1816	UAP 1007	UAP 0029	UAP 0158
Σ dPC total	314,48	0,05	102,46	504,73	0,20	102,65
Σ dPC habitat	209,34	0,01	43,03	221,96	0,00	32,30
Σ dPC conector	105,14	0,05	59,44	282,77	0,20	70,35
PC	0,07	0,89	0,00	0,01	0,00	0,00
AEC	1058056,00	3772030,00	169123,00	404036,00	4744,00	29134,00

dPC = Decréscimo da Probabilidade de Conectividade; PC = Probabilidade de Conectividade; AEC = Índice de Área Equivalente.

FONTE: O autor (2018).

Pela observação desses valores é possível verificar a ausência de nós e conexões nas paisagens das UAPs 1286 e 0029, como já mencionado anteriormente apenas com base na visualização dos mapas. Em relação à UAP 1286, tal fato se explica pela grande área da unidade coberta pela classe dos padrões morfológicos denominada áreas *core*. Na UAP 0029 isso ocorre pela ausência de cobertura arbórea/arbustiva, e, conseqüentemente, pela inexistência de área *core* para possíveis conexões. As outras UAPs possuem valores mais uniformemente distribuídos quanto ao somatório de nós e conexões, sendo a UAP 1007 a que apresenta o maior somatório dos dPCs (505), justificando sua alta

fragmentação, seguida da UAP 1139, com um somatório de 314, aproximadamente. Essas duas UAPs possuem coberturas agrícola e florestal em proporções semelhantes, apresentando os maiores índices de conectividade.

As UAPs 1816 e 0158, no somatório revelam valores bem próximos, mas diferem no somatório das conectividades individuais, com a 1816 apresentando valores maiores para os habitats interiores, comparada à 0158. Em relação ao somatório de conector, ou seja, da classe “ponte”, a 0158 apresenta valor maior, tendo em vista que possui uma quantidade maior de diferentes áreas *core* para realização dessas conexões.

Os valores da métrica PC, para todas as UAPs, foram bem próximos a zero, não havendo, praticamente, diferenças entre elas. Esses valores baixos de PC significam que os *core* e *bridges* presentes na paisagem possuem pouca importância para a conectividade estrutural do habitat, sendo este fato explicado quando as áreas *core* de maior tamanho não estão fisicamente unidas entre si. Apenas a UAP 1286 se destacou com o valor de 0,89 – já que esta paisagem possui poucos fragmentos dispersos e sendo caracterizada por agrupar grande parte de floresta natural, em quase 100% da área. Em relação ao índice geral da conectividade – AEC, o maior valor encontrado também foi para a UAP 1286. Quanto maior o valor destes índices, maior a importância destas conexões.

Outro índice calculado na análise e de grande relevância para o estudo da paisagem foi o de fragmentação. Com o Índice de fragmentação hipsométrico, tem-se resultados quantitativos do grau de fragmentação da paisagem, o que pode servir para futuras comparações entre diferentes paisagens ou entre uma mesma paisagem em uma escala de tempo. Este índice resulta em valores adimensionais, variando de 0 a 100%, calculado para toda a imagem – frag_hypso; para somente o *foreground* – fg_frag (cobertura arbórea/arbustiva); e somente para o *background* – bg_frag (demais tipos de cobertura). A fragmentação geralmente não é detectada em função da presença de *cores* muito pequenos ou de inúmeros *islets*, mas, sim, à separação física dos fragmentos principais que compõem o habitat.

O resultado deste índice no estudo foi apresentado por meio de uma curva hipsométrica, que sintetiza o histograma de distâncias euclidianas na imagem, e quanto mais próximo de 100%, maior a fragmentação existente nesta paisagem. Todos os valores podem ser mais bem visualizados na TABELA 16, com a apresentação dos resultados encontrados para estas três análises de fragmentação

e por meio da FIGURA 46, onde estão os gráficos do índice de fragmentação hipsométrica com os respectivos valores para o subconjunto de seis UAPs.

TABELA 16. ÍNDICES GERADOS PELO MODELO DE FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS.

Índices de Fragmentação Hipsométricos (%)	UAP 1139	UAP 1286	UAP 1816	UAP 1007	UAP 0029	UAP 0158
Fragmentação - cobertura florestal natural (fg_frag)	62,85	32,50	66,66	66,92	61,22	67,54
Fragmentação - demais tipos de cobertura (bg_frag)	64,25	70,12	62,95	65,13	30,61	60,18
Fragmentação de acordo com a Hipsometria (frag_hypso)	63,51	33,52	63,36	65,75	30,80	60,47

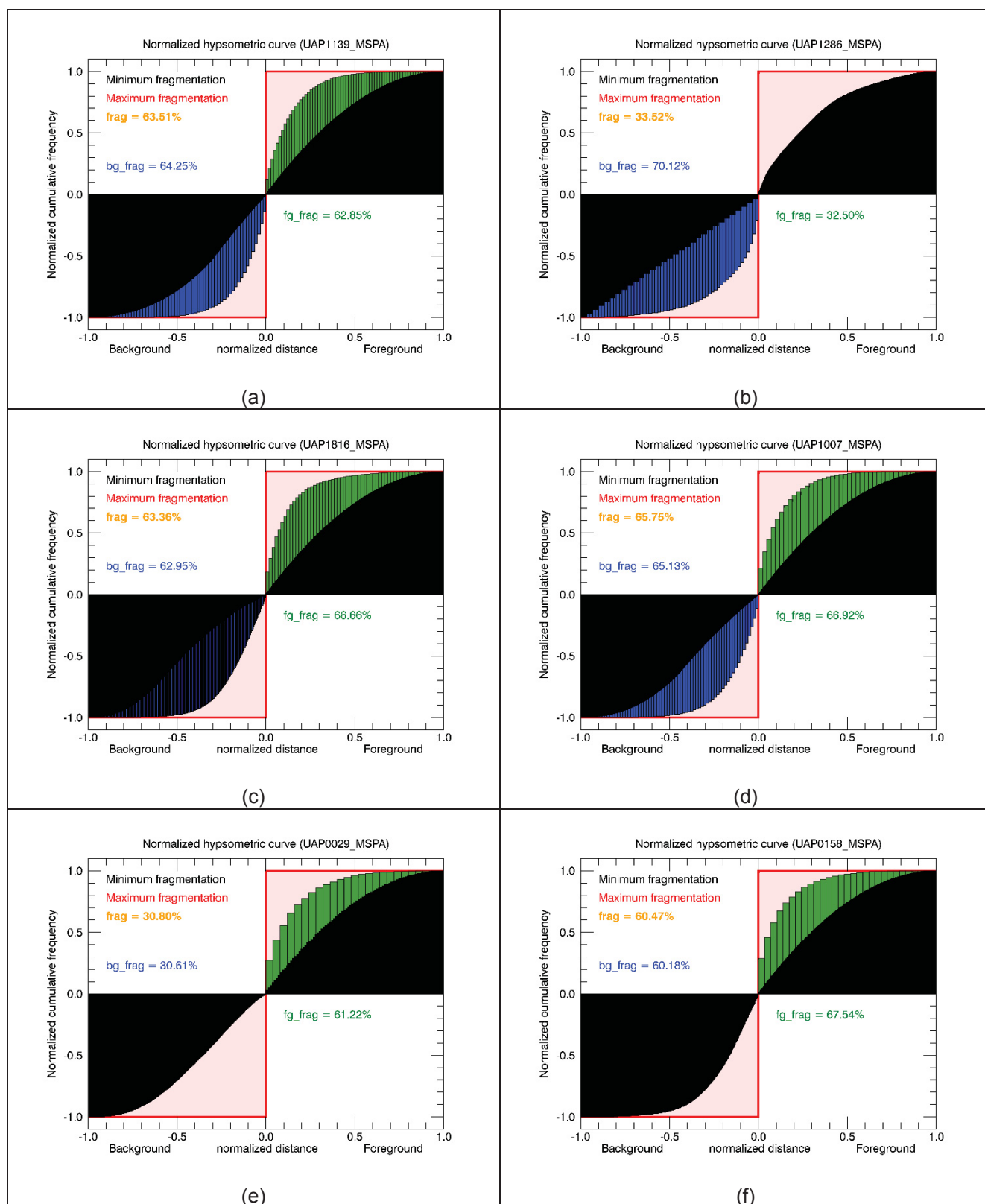
FONTE: O autor (2018).

Por meio dos valores apresentados, nota-se uma similaridade nos índices de fragmentação no âmbito da cobertura florestal natural entre as seis UAPs do subconjunto, com exceção da UAP 1286, em que o menor valor do índice é justificado pela presença de uma floresta natural densa e preservada, com pouca ou nenhuma influência antrópica. Na fragmentação dos demais tipos de cobertura, que estão no *background*, duas UAPs apresentaram valores diferentes do padrão das outras: UAP 1286 e UAP 0029. A primeira – 1286, apresentou um valor alto de fragmentação (70%), devido à sua grande extensão de cobertura arbórea/arbustiva, fazendo com que as outras classes de uso, quando presentes, sejam pequenos fragmentos distribuídos de forma esparsa pela área da Unidade Amostral. O contrário ocorre com a UAP 0029, apresentando valor baixo para a fragmentação do *background*, 30,61%. Grande porção desta UAP é coberta por cultivos agrícolas, e, segundo sua caracterização, trata-se de extensas produções de arroz, um cultivo mais homogêneo, sem presença de fragmentos ou propriedades pequenas distribuídas ao longo dessa unidade.

Nos gráficos seguintes pode ser visualizada a curva hipsométrica normalizada, notando-se que a cor vermelha representa a máxima fragmentação e a preta, o mínimo. Na cor verde tem-se a fragmentação do *foreground* e na cor azul, fragmentação do *background*. É interessante notar que, considerando a fragmentação de toda a imagem, as UAPs 1286 e 0029 (FIGURA 46b e 46e, respectivamente) resultam em valores semelhantes entre si, em torno de 30%, sendo justificado por serem paisagens matriciais, florestal e agrícola,

respectivamente. Todas as outras variam de 60 a 65% aproximadamente. Quanto mais próximos de 100%, maior a fragmentação da paisagem, podendo-se concluir que estas paisagens não possuem valores extremos de fragmentação.

FIGURA 46. GRÁFICOS GERADOS A PARTIR DA ANÁLISE DE FRAGMENTAÇÃO, PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

A última análise efetuada no âmbito dos índices de configuração da paisagem foi relativa aos corredores e conectores estruturais da paisagem, gerando mapas relacionados às zonas de influência ripária para cada UAP. A análise de conectividade estrutural iniciou-se com a aplicação da segmentação MSPA no *GuidosToolbox* e, posteriormente, com a geração de um grid de polígonos com células de 100 x 100 metros distribuídos por toda a abrangência da UAP e construção de uma máscara que corresponde à zona ripária – largura de 500 metros ao longo das margens dos rios. Com isso, todas as análises foram efetuadas dentro dessa máscara e os índices calculados para cada célula.

Para representar estes índices, que concentram os valores entre 0 a 1, foram adotadas cinco classes de valor por meio das quebras naturais baseada no algoritmo de Jenks (NORTH, 2009), que é definido por rupturas de classe que se agrupam naturalmente de forma inerente aos dados; as rupturas ou quebras são identificadas onde há diferenças relativamente grandes nos valores de dados, maximizando-se as variações entre as classes.

O primeiro índice gerado foi o Índice de Conectores Estruturais (ICE_c), resultando em um mapa (FIGURA 47) com valores padronizados para cada célula que esteja na zona ripária. Neste índice foram ranqueadas somente células que apresentavam algum fragmento e/ou polígono de cobertura arbórea/arbustiva em seu interior pertencentes às classes do MSPA “habitat interior” e “ponte”, aqui consideradas como as classes que representam corredores e conectores estruturais da paisagem. Assim, como resultado, tem-se a proporção da superfície ocupada por estas classes em cada célula de 1 hectare. Este índice varia de 0 a 1 e é adimensional, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a presença de conectores e corredores ao longo das zonas ripárias, refletindo condições mais favoráveis em termos de conectividade nesses ambientes.

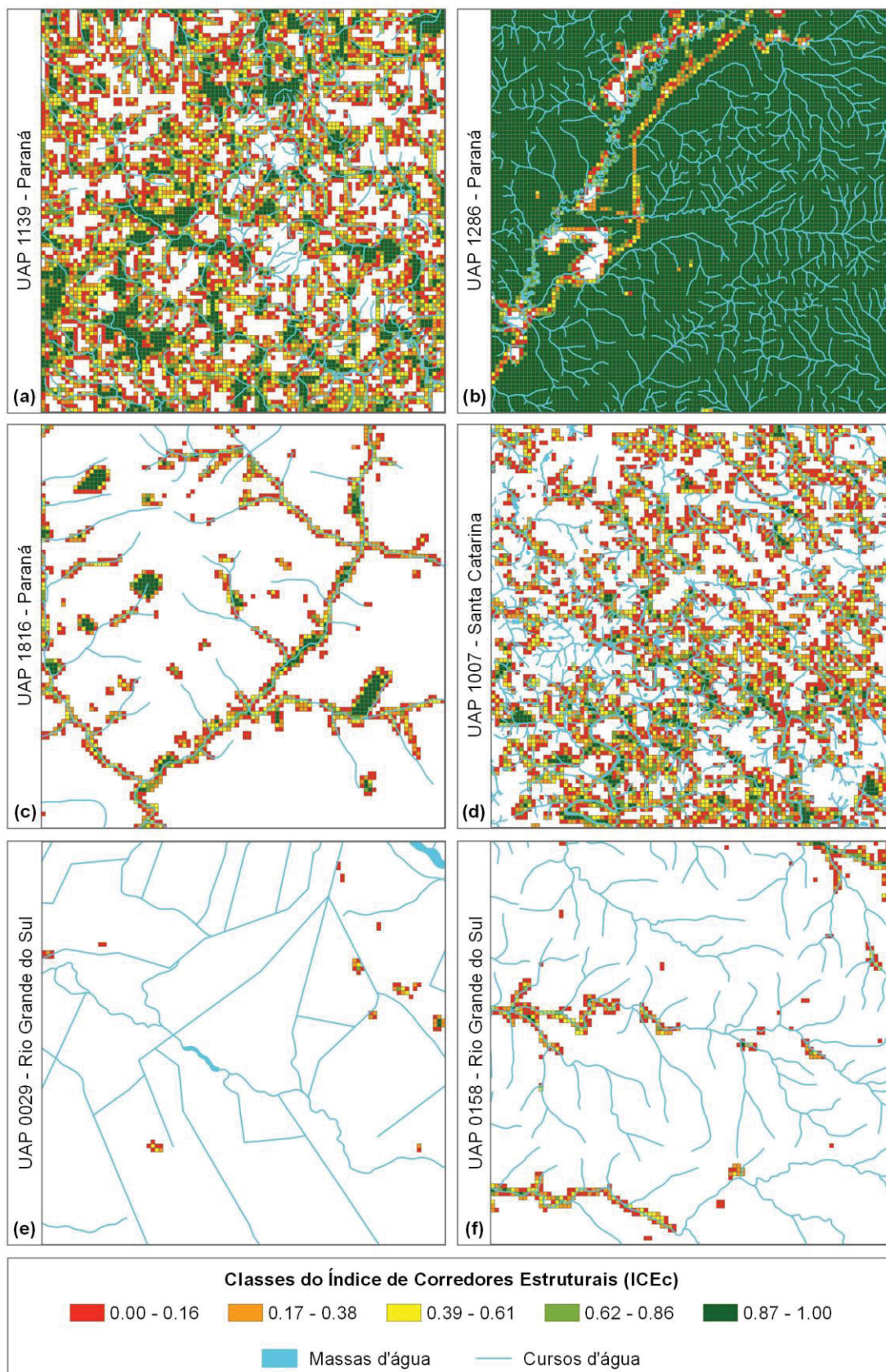
Nas Unidades Amostrais de Paisagem apresentadas, a UAP 1286 (FIGURA 47b) se destaca em relação à presença destes conectores e corredores ao longo da extensão da área analisada. Em contraste com a coloração verde, de valores próximos a 1, observa-se as UAPs 0029 e 0158 (FIGURAS 47e e 47f, respectivamente). Estas duas UAPs praticamente não apresentam classes de habitat interior ou ponte na zona de influência ripária (500 metros ao longo de cada margem dos rios) para toda a malha hidrográfica da área. Desta forma, as células possuem valores muito próximos de 0, resultando em condições desfavoráveis para

a conectividade nessas Unidades Amostrais.

A UAP 1816 (FIGURA 47c) se situa entre os valores intermediários, quando comparada às outras UAPs, já que o índice resulta em valores tanto próximos a zero quanto próximos a 1, observando-se, no mapa, uma continuidade de corredores ao longo dos cursos d'água. As UAPs 1139 e 1007 (FIGURAS 47a e 47d, respectivamente) apresentam perfis semelhantes, com grande quantidade de conexões nas zonas ripárias, com valores situados entre 0 e 1. Na UAP 1139, porém, é maior a quantidade de células com valores próximos a 1, refletindo condições mais propícias à conectividade nessa Unidade Amostral.

De forma geral, a UAP 1286, por apresentar extensa cobertura arbórea/arbustiva, se destacou nos valores apresentados, mas as UAPs 1139, 1816 e 1007 também mostraram bons valores para este índice, sendo em sua maioria, valores medianos na classificação de 0 a 1, representados em coloração amarela.

FIGURA 47. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE CORREDORES ESTRUTURAIS (ICEC) PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

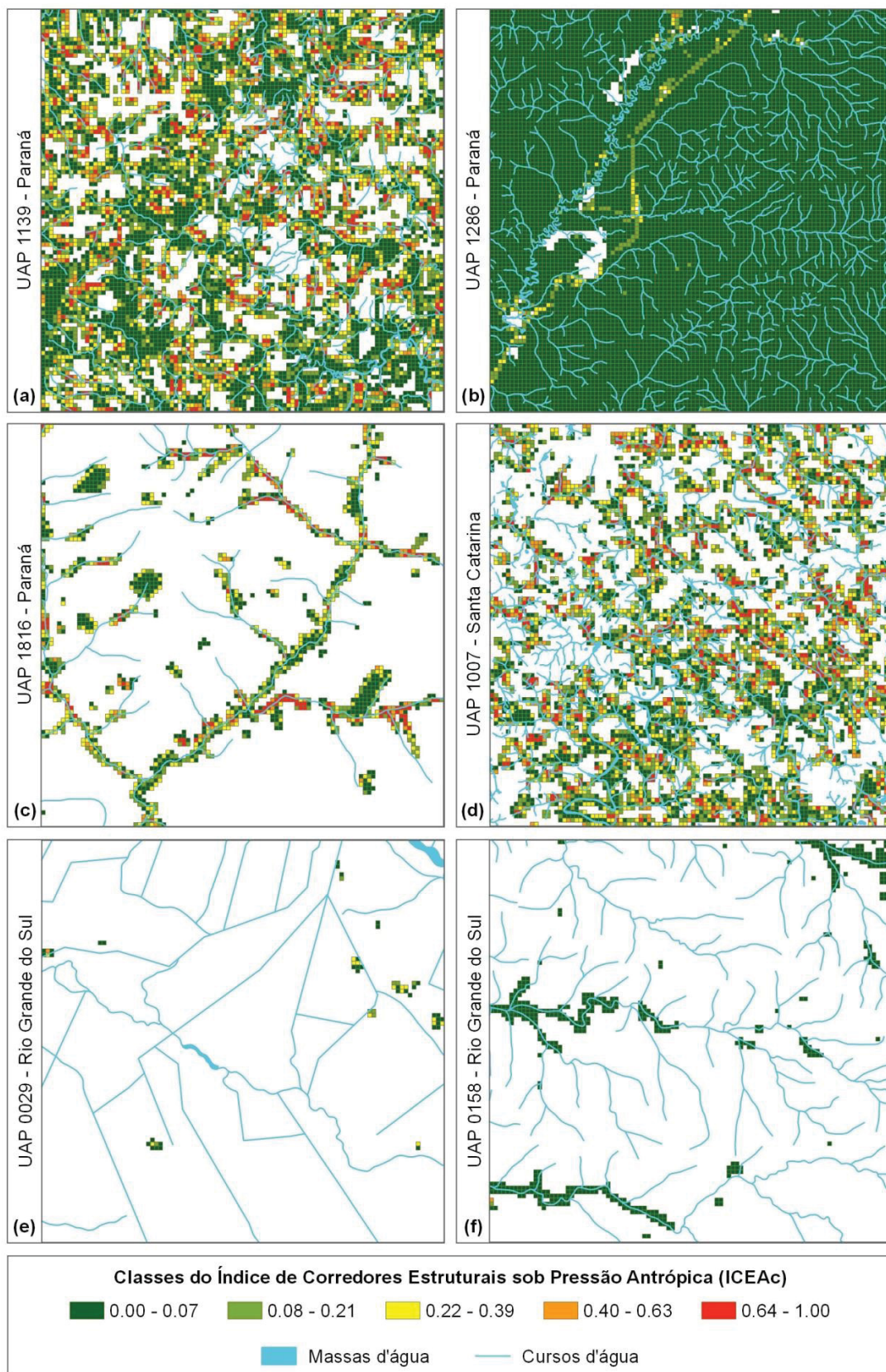
Em seguida foi calculado o Índice de Corredores Estruturais sob Pressão Antrópica (ICE_{AC}), representando uma integração entre o ICE_c e as informações sobre a proporção de áreas não-naturais (artificiais ou agrícolas) presentes no interior da célula de 1 hectare. Com esta integração, tem-se como resultado a identificação dos locais onde há presença significativa de corredores ripários estruturais no mesmo ambiente de paisagens antrópicas. Este índice também varia de 0 a 1, porém os valores mais próximos de 1 representam situações mais desfavoráveis em termos de proporção das áreas com cobertura arbórea/arbustiva e grau de pressão antrópica.

Os resultados deste índice para as UAPs analisadas podem ser visualizados nos mapas mostrados na FIGURA 48. Pelas diferentes cores, é possível observar situações mais ou menos desfavoráveis, sendo os tons de verde, mais próximos de 0, relativos a situações favoráveis enquanto tons vermelhos, representando o outro extremo, com valores mais próximos de 1, refletem situações mais desfavoráveis.

É possível notar que as UAPs 1139, 1816 e 1007 (FIGURAS 48a, 48c e 48d, respectivamente) - notadamente fragmentadas - possuem grande quantidade de células nos valores entre 0,64 – 1, e, portanto, sofrendo maior pressão antrópica nas suas conexões nas zonas ripárias. Essas UAPs são classificadas como Floresta Ombrófila Mista (UAP 1139) e Floresta Estacional (UAPs 1816 e 1007), o que sugere a necessidade de medidas preventivas para a recuperação e conservação desses remanescentes uma vez que a conectividade entre fragmentos se encontra ameaçada por influências ou pressões antrópicas, com substituição da vegetação natural por cultivos agrícolas. Entretanto, no momento da análise, a maioria dos seus cursos d'água ainda possuía conectores estruturais.

A UAP 1286 (FIGURA 48b) apresenta a situação oposta, já que a maioria dos valores para esse índice está próxima de zero e nenhum é superior a 0,39, o que caracteriza uma zona ripária com baixo grau de pressão antrópica. As outras UAPs analisadas (UAP 0029 e 0158), mostradas, respectivamente, nas FIGURAS 48e e 48f, também não apresentaram valores próximos de 1, mas, nos mapas observa-se uma grande quantidade de rios e cursos d'água que não possuem conectores do tipo habitat interior e ponte em suas margens. É importante ressaltar que, nesta análise, avaliou-se apenas essas duas categorias oriundas da análise MSPA e não a quantidade de cobertura florestal existente.

FIGURA 48. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE CORREDORES ESTRUTURAIS SOB PRESSÃO ANTRÓPICA (ICEAC) PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158.



FONTE: O autor (2018).

O terceiro índice nesta análise de corredores e conectores estruturais na paisagem é o Índice de Proteção em Corredores Estruturais sob Pressão Antrópica (ICE_{AP_c}), que faz a integração entre o índice ICE_{Ac} e as informações sobre a proporção de áreas com algum esquema de proteção legal. As áreas de proteção legal dependem da largura do rio e tamanho da propriedade, porém aqui foram considerados os resultados de apenas duas diferentes situações, simulando-se APPs (zona de proteção legal) com larguras de 5 e 30 metros. Desta forma, foram gerados dois mapas (FIGURA 49 e 50) para cada UAP, simulando cada cenário proposto com base na proporção da superfície ocupada pela zona de proteção legal em cada célula de 1 hectare.

Estes índices, assim como os outros, são adimensionais e variam de 0 a 1. Servem, basicamente, para a identificação de áreas que abrigam corredores estruturais, que sofrem algum grau de pressão antrópica e podem possuir extensão de proteção legal não adequada ou suficiente. Assim, quanto mais próximos de 1, os valores do ICE_{AP_c} indicam presença de corredores ripários estruturais em condições de pressão antrópica e com quase nenhum grau de proteção, constituindo, portanto, áreas prioritárias para a conservação e manejo de tais corredores.

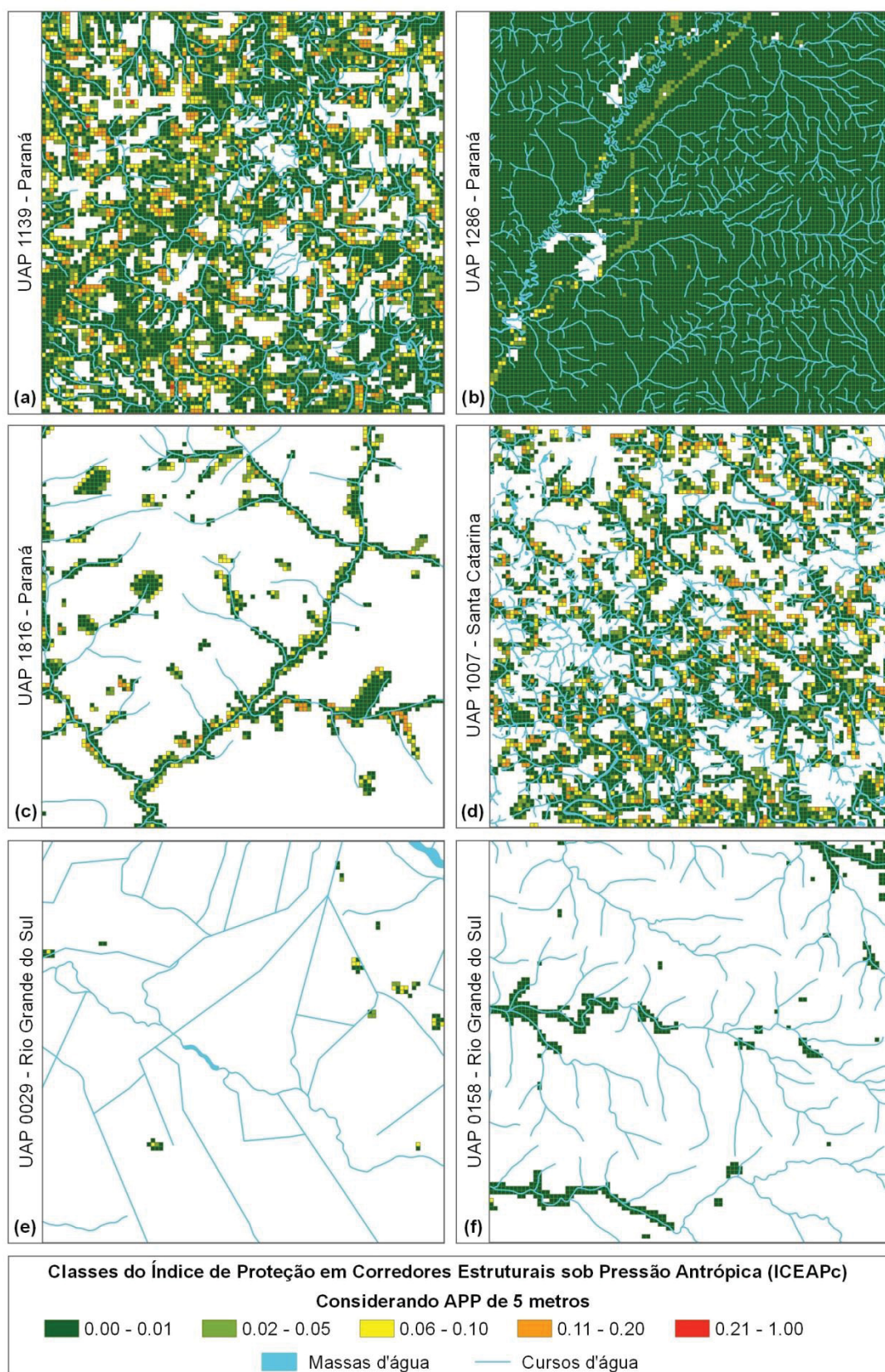
Nas UAPs analisadas, tanto para a APP de 5 metros quanto para a de 30 metros, a UAP 1286 (FIGURAS 49b e 50b) sempre se destaca com bons valores, sempre próximos de 0, indicando alto grau de proteção. Tais resultados refletem boas condições de conservação, presença de extensas áreas *core*, pouca fragmentação, paisagem predominantemente natural e valores muito baixos em relação a bordas, conectores e ramificação. São compatíveis com sua localização e caracterização fundiária (Reserva Natural), tratando-se de uma área de proteção e sujeita a constante fiscalização e monitoramento, além de não submetida a pressões antrópicas. A maioria das áreas não apresenta esse perfil, sendo esta uma exceção em relação às outras UAPs.

Os índices ICE_{AP_c} para os dois cenários de APP referentes às UAPs 1139, 1816 e 1007 – também agrupadas nas outras análises por apresentar perfis semelhantes – são apresentados nas FIGURAS 49a, 49c, 49d, 50a, 50b e 50d, respectivamente). Apesar de bastante fragmentadas, essas UAPs possuem em quase todas as margens dos rios alguma vegetação do tipo habitat interior e ponte, notando-se que as células mais próximas dos cursos d'água apresentam coloração

verde, valores bem próximos de 0, e à medida que se afastam os valores vão aumentando, ainda que nenhuma com valores extremos, próximos a 1. Ordenando-se essas três UAPs, em ordem de prioridade para a necessidade de medidas de conservação e manejo dos corredores, tem-se a UAP 1816, seguida pela UAP 1007 e por último a UAP 1139, tanto para o cenário com APP de 5 metros quanto para a de 30 metros.

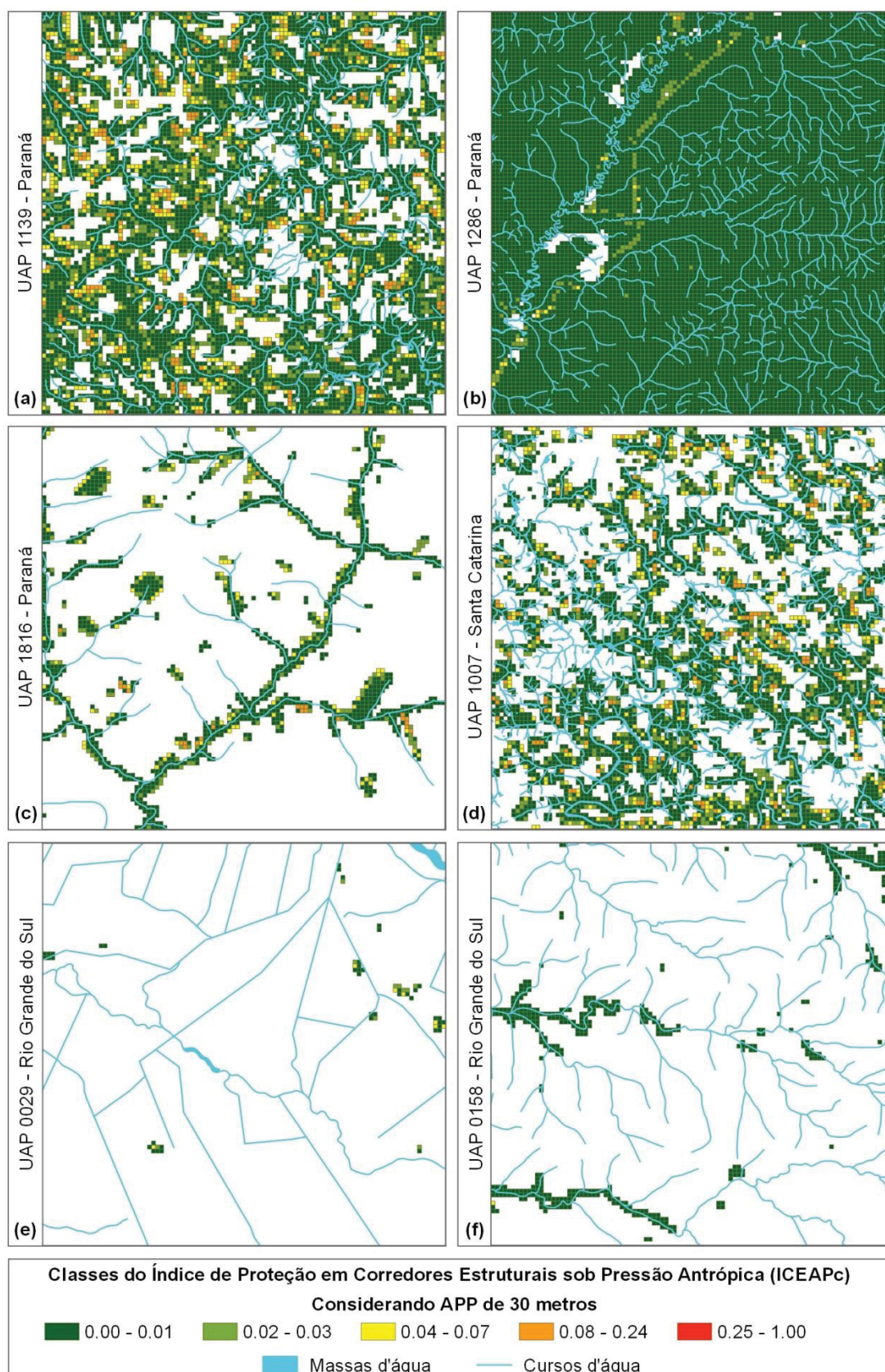
Na UAP 0158 (FIGURAS 49f e 50f), todas as células analisadas apresentam valores que se encontram entre 0,00 e 0,01, indicando ótimos resultados para o ICE_{AP_C} . Entretanto, observa-se a escassa presença de conectores estruturais (categorias habitat interior e pontes). Isso significa que outras categorias, não consideradas nessa análise - como alças, bordas e ilhas - podem estar representando a cobertura florestal ao longo dos cursos d'água, mas a ausência de pressão antrópica sobre os poucos conectores estruturais quer seja nos 5 ou nos 30 metros de APP, é suficiente para a sua proteção. Evidentemente tal interpretação deve ser associada aos demais índices já abordados na análise e ao contexto de onde se encontra a UAP. No caso da UAP 0029 (FIGURAS 49e e 50e), que apresenta baixos valores para o ICE_{AP_C} e poucas células representando conectores estruturais, a necessidade de incrementar medidas de recuperação e manutenção nas zonas ripárias pode ser maior considerando tratar-se de uma UAP caracteristicamente agrícola, com intenso cultivo de arroz. Por outro lado, alguns cursos d'água que se aparecem no mapa de forma mais retilínea na verdade são canais artificiais associados a esse tipo de cultivo.

FIGURA 49. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE PROTEÇÃO EM CORREDORES ESTRUTURAIS SOB PRESSÃO ANTRÓPICA (ICEAP_c) PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158, COM APP DE 5 METROS.



FONTE: O autor (2018).

FIGURA 50. MAPAS RESULTANTES DO ÍNDICE DE PROTEÇÃO EM CORREDORES ESTRUTURAIS SOB PRESSÃO ANTRÓPICA (ICEAPC) PARA O SUBCONJUNTO DE SEIS UAPS: (A) UAP 1139; (B) UAP 1286; (C) UAP 1816; (D) UAP 1007; (E) UAP 0029; (F) UAP 0158, COM APP DE 30 METROS.

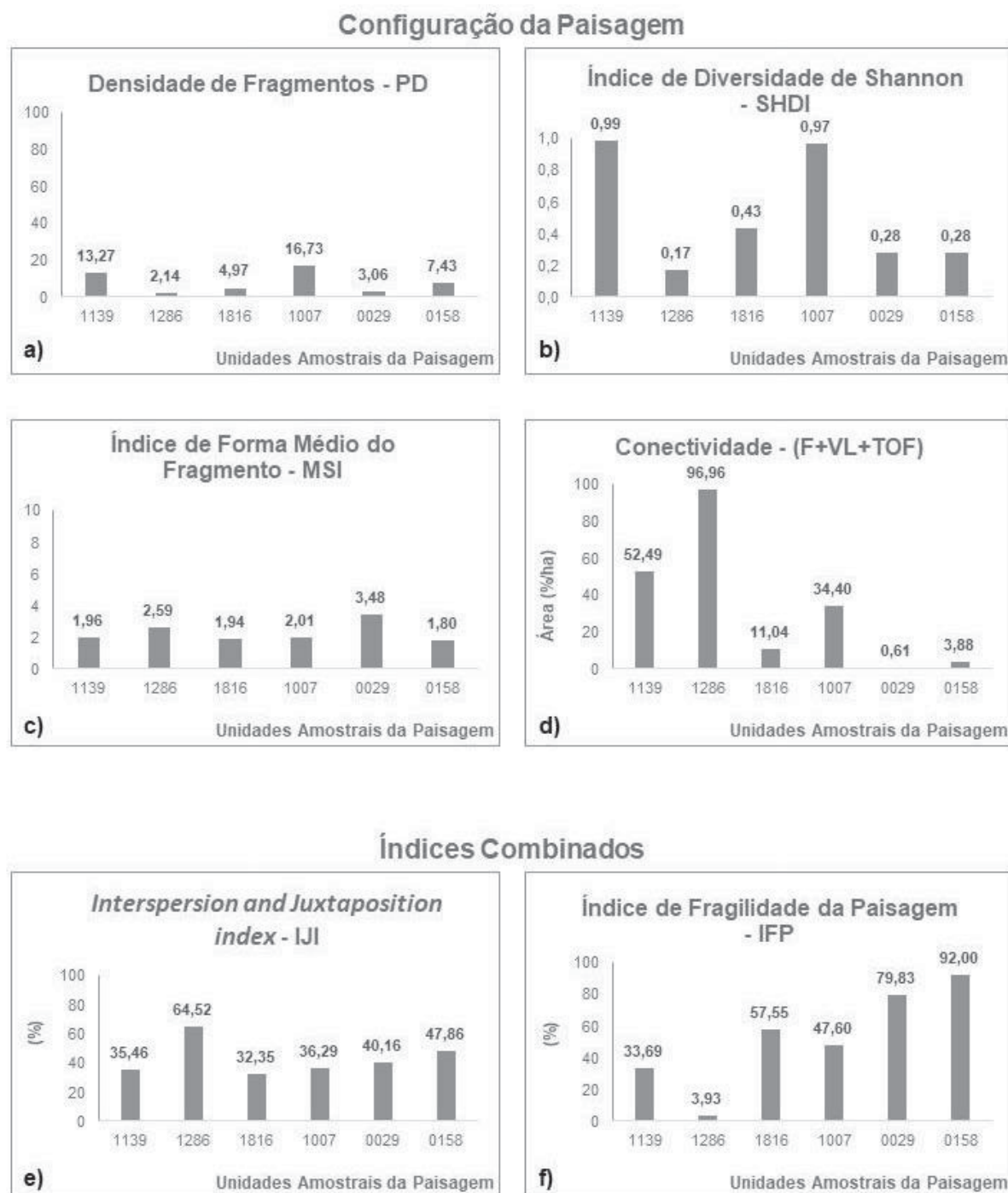


FONTE: O autor (2018).

5.4.2.2. FRAGSTATS

Os índices obtidos por meio do software *Fragstats* pertencem à categoria de índices de configuração e também a uma integração de composição e configuração, denominados “índices combinados”, de acordo com o modelo SISPAES de análise da paisagem. Os gráficos correspondentes a estes resultados estão apresentados na FIGURA 51, separados para as duas categorias mencionadas.

FIGURA 51. ÍNDICES DE CONFIGURAÇÃO E COMBINADOS. ÍNDICE DE DENSIDADE DE FRAGMENTOS (A); ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (B); ÍNDICE DE FORMA MÉDIA DO FRAGMENTO (C); CONECTIVIDADE (D); ÍNDICE “INTERSPERSION AND JUXTAPOSITION” (E) E ÍNDICE DE FRAGILIDADE DA PAISAGEM (F).



FONTE: O autor (2018).

O primeiro índice analisado é o de Densidade de fragmentos – PD (FIGURA 51a), no âmbito dos índices de configuração, envolvendo o número de fragmentos

de todas as classes na área total da paisagem, indicando valores mais altos quanto maior a fragmentação, e valores baixos para paisagens pouco fragmentadas. Deve-se ressaltar que tal índice se refere à densidade de polígonos presentes na Unidade Amostral e não à fragmentação da classe Floresta Natural. As paisagens das UAPs 1286, 0029 e 1816, são aquelas que possuem os valores menores, já que a primeira é recoberta quase inteiramente por Floresta Natural e as duas últimas por Agricultura e Pastagem. De qualquer maneira, a UAP 1816 ainda é mais fragmentada entre as três. A UAP 1007 é a que possui a maior densidade de polígonos, ou a paisagem mais fragmentada considerando todas as classes de uso, fato este corroborado pelos resultados do índice de fragmentação hipsométrica do *GuidosToolbox*.

Wang; Blanchet e Koper (2014); Malinowska e Szumacher (2013), não recomendam a utilização do índice PD, reconhecendo que algumas métricas podem dificultar o entendimento das interações encontradas. Sugerem que esta métrica de densidade de fragmentos - PD, assim como densidade de borda (ED), área de núcleo total (TCA), índice médio de vizinhança (ENN_MN), índice de agregação (IA), índice de forma da paisagem (LSI), sejam consideradas apenas como ferramentas de cálculo de fragmentação ou para medição dos padrões da paisagem, já que não indicam resultados significativos quando analisadas individualmente.

O segundo índice de configuração analisado foi o Índice de Diversidade de Shannon – SHDI (FIGURA 51b), também no âmbito da paisagem como um todo e não para alguma classe de uso específica. Neste índice, valores muito próximos de 0, indicam paisagens com quase nenhuma diversidade, ou seja, com poucos elementos ou classes. Desta forma, este índice pode se correlacionar com o índice de riqueza – PR, relacionado entre os índices de composição. Quanto maior a quantidade de elementos presentes nestas paisagens, maior o valor de SHDI encontrado. As UAPs 1139 e 1007 - que apresentaram valores mais altos de SHDI quando comparados aos das outras UAPs – também apresentaram valores mais altos para o índice PR, com oito elementos ou classes na paisagem. Eiden, Kayadjanian e Vidal (2000b) afirmam que os valores do índice SHDI aumentam conforme maior a quantidade dos diferentes tipos de classe ou sua proporção nas células de análise, sendo coerente com os dados encontrados no resultado deste índice no projeto.

O terceiro índice, ainda no âmbito da configuração da paisagem, é o Índice

de Forma Médio – MSI (FIGURA 51c), que avalia a complexidade de forma dos fragmentos comparados a um quadrado – quando se tem uma versão matricial da paisagem (VOLOTÃO, 1998). Desta forma, fragmentos pequenos acabam apresentando valores mais próximos de 0, indicando formatos mais regulares; em contrapartida, fragmentos médios e grandes, apresentam valores mais altos, indicando formatos irregulares (PIROVANI et al., 2014). Assim, os valores mais altos para esse índice nas UAPs 1286 e 0029, indicam que seus fragmentos possuem uma maior área e por isso, são mais irregulares em questão de forma, e consequentemente são paisagens mais homogêneas quanto à sua cobertura. As outras UAPs se assemelham nos resultados, indicando fragmentos menores com formas mais regulares. Para os fragmentos analisados por Pirovani et al. (2014), os resultados obtidos foram, para os fragmentos pequenos, valores de MSI = 1,85, indicando formato mais regular; e para os fragmentos médios e grandes, valores de MSI = 2,50 e MSI = 4,29, respectivamente; porém estes dados foram associados ao índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI), concluindo que fragmentos que possuem uma maior área são aqueles que apresentam formas mais irregulares comparados com a média. Esses valores, comparados aos resultados obtidos neste projeto, indicam similaridade, já que as UAPs mais fragmentadas apresentaram valores próximos a MSI = 1,94, e aquelas mais contínuas – correspondendo aos fragmentos médios e grandes – valores de MSI entre 2,59 e 3,48.

O último índice de configuração corresponde à conectividade da paisagem (FIGURA 51d), calculado com base na quantidade, em percentagem, de área arbórea/arbustiva na UAP. Esse índice não é oriundo do software *Fragstats*, porém foi utilizado na metodologia SISPARES, utilizando a percentagem da cobertura arbórea obtida pelo índice PLAND do software. Pelo histórico das UAPs, neste índice, os valores mais baixos são encontrados nas UAPs 0029 e 0158, que possuem predominância de cobertura não arbórea (agricultura e gramíneas, respectivamente). O valor mais alto (96,96%) foi encontrado na UAP 1286, seguida da UAP 1139 (52,49%) e pela UAP 1007 (34,40%). As duas últimas apresentam um equilíbrio quanto ao percentual de classes de cobertura arbóreas e não arbóreas. Este índice, no modelo SISPARES, apresentou altos valores para paisagens das zonas úmidas e subúmidas, e valores baixos em paisagens áridas, correspondendo bem aos valores encontrados neste projeto, que indicaram conectividade alta para regiões com maior cobertura florestal e conectividade baixa para regiões dominadas

por agricultura e gramíneas.

Foram gerados dois índices combinados: *Interspersion and Juxtaposition index* (IJI) e Índice de Fragilidade da Paisagem (IFP). Este último é oriundo da multiplicação do IJI pelo CAF (Contraste arbóreo e não arbóreo), já mencionado anteriormente. O IJI (FIGURA 51e) está relacionado à quantidade de classes de uso da terra e à extensão de bordas na paisagem. Quanto maior a fragmentação da paisagem, maior o comprimento total de bordas (para cada tipo de uso da terra e para a paisagem como um todo). Valores elevados indicam poucas classes de cobertura de uso da terra e/ou paisagens menos fragmentadas, nas quais a relação comprimento de borda total – comprimento de borda de cada classe não é muito discrepante. Valores baixos indicam uma paisagem com muitas classes de uso da terra e/ou com elevado nível de fragmentação. As UAPs 1286, 0029 e 0158, possuem valores maiores para este índice, constituindo paisagens mais homogêneas, sem grandes extensões de borda. As demais UAPs apresentaram valores próximos entre si, em torno de 30%, indicando paisagens mais heterogêneas, e consequentemente com maiores extensões de borda, resultando em valores baixos de IJI.

Uma pesquisa feita por Tonial (2003), com o objetivo de análise e diagnóstico ambiental do entorno de cinco bacias hidrográficas ao longo do tempo, utilizou, no âmbito de suas métricas de paisagem, o IJI, constatando valores que variaram de 40 a 60%, onde os valores mais altos são os mais antigos, diminuindo o valor do índice ao longo do tempo conforme aumento da fragmentação. O autor concluiu que o aumento do IJI indica desaparecimento de pequenas manchas e, consequentemente, aumento da coesão das manchas, existindo correlação com a definição anterior, onde uma menor extensão de bordas de fragmentos resulta em altos valores de IJI.

O Índice de Fragilidade da Paisagem é oriundo do projeto SISPARES, combinando o IJI com a cobertura arbórea e não arbórea (FIGURA 51f). Assim, este índice possibilita avaliar quão frágil é a paisagem de acordo com as pressões adjacentes, levando em consideração a separação das classes de cobertura arbóreas e não arbóreas. Valores mais altos sugerem maior fragilidade, o que é constatado nas UAPs 0158, com 92% e na 0029, com 79,83%; ambas apresentam valores mais distantes dos obtidos nas demais UAPs, justificado pela predominância de gramíneas e agricultura, respectivamente, classes essas que não se encaixam no

âmbito de cobertura arbórea. As UAPs 1139, 1007 e 1816 apresentaram valores medianos, variando entre 33% a 50%. A única UAP que indicou mínima fragilidade na paisagem foi a 1286, com valor de 3,93%, indicando grande quantidade de área coberta por cobertura arbórea e similaridade em suas adjacências. No âmbito dos resultados do projeto SISPARES, as paisagens subúmidas indicaram ser as menos frágeis, e aquelas caracterizadas como pastagem, mais frágeis, semelhantes aos resultados obtidos na análise das UAPs.

O projeto SISPARES, que serviu de modelo para a seleção dos índices gerados do *Fragstats*, concluiu que estes modelos de análise de paisagem são úteis para o planejamento, restauração, conservação e proteção das paisagens da Espanha. Entretanto seus coordenadores ressaltam a importância da acessibilidade dos dados para quaisquer pesquisadores, parceiros e público interessados, em um formato padronizado e uniforme, o que pode representar o êxito ou o fracasso no processo de monitorar e avaliar a mudança de uma paisagem (GÓMEZ-SANZ; BUNCE; ELENA-ROSSELLÓ, 2014). Ainda, segundo Gómez-Sanz, Bunce e Elena-Rosselló (2014), outra questão a ser considerada é o tempo, em relação a dois aspectos: o primeiro relacionado à defasagem existente entre a tomada de decisão do monitoramento até o surgimento dos primeiros resultados, que não constitui um processo rápido. O segundo diz respeito ao intervalo das pesquisas, constatando-se que intervalos de tempo menores que cinco anos podem não ser efetivos no monitoramento na paisagem, dependendo das taxas de velocidade de mudanças e também por questões operacionais relativas ao registro e processamento de todos os dados obtidos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

- A caracterização das paisagens *in situ* foi fundamental para o reconhecimento dos seus padrões biofísicos e para dirimir dúvidas relacionadas ao mapeamento do uso e cobertura da terra.

- Os sistemas taxonômicos aplicados em países europeus foram facilmente adaptados às paisagens do sul do Brasil e constituem uma alternativa viável para a classificação e agrupamento de paisagens semelhantes.

- É possível caracterizar o padrão das paisagens florestais e seus respectivos processos de fragmentação e conectividade de uma maneira harmonizada e reproduzível, com base em um conjunto de índices e mapas derivados.

- Os dois software empregados para o cálculo de índices de paisagem apresentaram resultados semelhantes e complementares, embora diferindo na abordagem e detalhes operacionais. O *GuidosToolbox* é um software mais didático, com uma interpretação mais indutiva dos valores gerados e operacionalmente mais intuitivo. O *Fragstats* é um software tradicionalmente empregado em estudos de ecologia de paisagens e demanda conhecimentos mais aprofundados para a seleção de métricas e interpretação dos resultados gerados.

- As famílias de índices gerados refletiram as condições gerais das paisagens analisadas, possibilitando a definição de áreas prioritárias, em diversas escalas (local/regional), para a aplicação de medidas de recuperação e/ou conservação da paisagem.

- A maioria das paisagens estudadas foi classificada como Agrícola matricial ou Florestal matricial ou Campestre matricial, já que a predominância na composição está entre essas três classes. Quanto à morfologia espacial, apenas uma possui alta percentagem de habitat interior (94,30%), tendo outras três um valor entre 4 e 26% de sua área e, duas, valores próximos a 0%.

- O mosaico das paisagens em três UAPs é composto por áreas predominantemente naturais; em outra, as florestas estão encravadas em contextos

agrícolas; as duas UAPs restantes não possuem paisagens florestais. Apenas uma UAP apresentou predominância de interfaces de borda naturais (90 a 99%).

- Nas UAPs onde as coberturas agrícola e florestal ocorrem em proporções semelhantes, foram verificados os maiores índices de conectividade. Os índices de fragmentação no âmbito da cobertura florestal foram relativamente altos (acima de 61%) para cinco das seis UAPs analisadas.

- Para todas as UAPs, o Índice de Proteção em Corredores Estruturais sob Pressão Antrópica apresentou valores baixos (próximos de zero) para cenários considerando Áreas de Preservação Permanente com larguras de 5 e de 30 metros ao longo de rios. Isso significa que, na amostra em questão, a proteção legal conferida às áreas de habitat interior e suas conexões foi suficiente e adequada em termos espaciais.

- Os métodos e ferramentas aplicados no presente trabalho podem ser relevantes para a análise de questões relativas à fragmentação no contexto de serviços ecossistêmicos (disponibilização de habitat e medidas de mitigação/adaptação às mudanças climáticas).

- A descrição e sistematização dos procedimentos adotados neste estudo para caracterizar as paisagens e analisar sua fragmentação e conectividade podem ser empregados na definição de políticas públicas relacionadas à conservação da biodiversidade com base na gestão e planejamento territorial.

- A base de dados gerada pelo estudo-piloto das paisagens rurais dos estados do sul do Brasil pode servir como modelo para a organização de um banco de dados das paisagens dos demais estados, no âmbito do Inventário Florestal Nacional (IFN-BR), fazendo parte do seu sistema de monitoramento.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, C.; THIELE, M.; BRUNN, A. **Calibration and validation of the RapidEye constellation**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...**Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Disponível em: <[http://web-dev.rapideye.de/rapideye/upload/papers/Calibration and Validation of the RapidEye constellation.pdf](http://web-dev.rapideye.de/rapideye/upload/papers/Calibration%20and%20Validation%20of%20the%20RapidEye%20constellation.pdf)>. Acesso em: 21 jan. 2018.

ANTROP, M. The language of landscape ecologists and planners: a comparative content analysis of concepts used in landscape ecology. **Landscape and Urban Planning**, v. 55, n. 3, p. 163–173, 2001.

ANTUNES, M. A. H.; SIQUEIRA, J. C. S. **Características das imagens RapidEye para mapeamento e monitoramento e agrícola e ambiental**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...**Foz do Iguaçu: INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1253.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

BERTOTTI, L. G. **Unidades de paisagem: problemas ambientais nos municípios de São José dos Pinhais, Mandirituba e Tijucas do Sul/PR**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Curitiba, 2006.

BOMBÍN, R. E.; MAQUA, M. P. A. El paisaje: diversidad de enfoques. **Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.)**, v. 96, n. 1–2, p. 89–97, 2000.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 1 maio. 2016.

BUNCE, R. G. H.; BARR, C. J.; CLARKE, R. T.; HOWARD, D. C.; LANE, A. M. J. Land Classification for Strategic Ecological Survey. **Journal of Environmental Management**, v. 47, n. 1, p. 37–60, 1 maio 1996.

BUNCE, R. G. H.; CAREY, P. D.; ELENA-ROSSELLO, R.; ORR, J.; WATKINS, J.; FULLER, R. A comparison of different biogeographical classifications of Europe, Great Britain and Spain. **Journal of Environmental Management**, v. 65, n. 2, p. 121–134, 1 jun. 2002.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 871–880, out. 2010.

CLERICI, N.; WEISSEINER, C.; PARACCHINI, M. L.; STROBL, P. Riparian zones: where green and blue networks meet. pan-European zonation modelling based on remote sensing and GIS. **JRC Scientific and Technical Reports**, EUR 24774 EN, 2011.

CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA. **Paisagens do Brasil: Organizado na Divisão de Geografia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1962.

DALBEM, R. P.; MOURA, A. R.; JORGE, F. V.; MOROKAWA, M.; VALASKI, S. **Delimitação de unidades de paisagem: conceito e método aplicados ao município de Paranaguá/PR/ Brasil**. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais...**USP, 2005. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/40332134-Delimitacao-de-unidades-de-paisagem-conceito-e-metodo-aplicados-ao-municipio-de-paranagua-pr-brasil.html>>.

DI GREGORIO, A.; JANSEN, L. J. M. **Land cover classification system (LCCS): classification concepts and user manual**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000.

DIAS, J. B. **A dimensão dos sistemas naturais na (re) produção dos sistemas agrícolas da agricultura familiar: análise da paisagem de três comunidades rurais na região metropolitana de Curitiba (em São José dos Pinhais, Mandirituba e Tijucas do Sul)**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Curitiba, 2006.

EIDEN, G.; KAYADJANIAN, M.; VIDAL, C. Chapter 2. Quantifying landscape structures: spatial and temporal dimensions. In: EUROPEAN COMMISSION (Ed.). **From land cover to landscape diversity in the European Union**, 112p. 2000a.

EIDEN, G.; KAYADJANIAN, M.; VIDAL, C. Capturing landscape structures: Tools. In: EUROPEAN COMMISSION (Ed.). **From land cover to landscape diversity in the European Union**, pp 7-15. 2000b.

EITEL, J. U. H.; VIERLING, L. A.; LITVAK, M. E.; LONG, D. S.; SCHULTHESS, U.; AGER, A. A.; KROFCHECK, D. J.; STOSCHECK, L. Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in a New Mexico conifer woodland. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 12, p. 3640–3646, 15 dez. 2011.

ELENA-ROSSELLÓ, R.; AYUSO, M. C. **Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear: atlas CLATERES**. Secretaria General Técnica, Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996.

ELENA-ROSSELLÓ, R.; KELLY, M.; GONZÁLEZ-AVILA, S.; MARTÍN, A.; RON, D. S.; BARRIO, J. M. G. Recent Oak Woodland Dynamics: A Comparative Ecological Study at the Landscape Scale. In: Campos P. et al. (eds) **Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes**. Landscape Series, vol 16. Springer, Dordrecht , 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Súmula da X Reunião técnica de levantamento de solos (SNLCS. Série Miscelânea, 1)**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de levantamento e conservação de solos, 1979.

ESTREGUIL, C.; DE RIGO, D.; CAUDULLO, G. A proposal for an integrated

modelling framework to characterise habitat pattern. **Environmental Modelling & Software**, v. 52, p. 176–191, 1 fev. 2014.

FÁVERO, O. A. **Do berço da siderurgia brasileira à conservação de recursos naturais: um estudo da paisagem da floresta nacional de Ipanema (Iperó/SP)**. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia da USP, São Paulo. 2001.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia de paisagem. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 575–583, ago. 2003.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics : the ecology of landscapes and regions**. Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: Wiley, 1986.

FREITAS, J. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSA, C. M. M.; MATTOS, P. P.; ROSOT, M. A. D.; BRENA, D. A.; GOMIDE, G. L. A.; PIOTTO, D.; GARRASTAZU, M. C.; SANQUETTA, C. R.; BARROS, P. L. C.; PONZONI, F. J.; OLIVEIRA, L. M. T.; QUEIROZ, W. T. Brazil. In: **National Forest Inventories**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 197–212.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis. Part 1**. 2. ed. Madison: ASA e SSSA, 1986. p. 383–411.

GOERL, R. F.; SIEFERT, C. A. C.; SCHULTZ, G. B.; SANTOS, C. S.; SANTOS, I. Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade da Paisagem para Análise de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 5, p. 1000–1012, 8 mar. 2011.

GÓMEZ-SANZ, V.; BUNCE, R. G. H.; ELENA-ROSSELLÓ, R. Landscape assessment and monitoring. In: **Forest Landscapes and Global Change**. New York, NY: Springer New York, 2014. p. 199–226.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 2007.

GONZÁLEZ-ÁVILA, S.; ELENA-ROSSELLÓ, R. **SISPARES: cartografía nacional del patrón y cambio de los paisajes rurales españoles**. Soc. Española de Ciencias Forestales, 2009.

GUIMARÃES, F. M. S. **Divisão Regional do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1942.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 15 nov. 2013.

HAZEU, G. W.; METZGER, M. J.; MÜCHER, C. A.; PEREZ-SOBA, M.; RENETZEDER, CH.; ANDERSEN, E. European environmental stratifications and typologies: An overview. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 142, n. 1–2, p. 29–39, jul. 2011.

HEINZ, H. J. **Landscape Pattern Indicators for the Nation**. H. John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment, 2008.

HERRMANN, M. L. DE P.; ROSA, R. O. Relevô. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 55–84.

HESSBURG, P. F.; SMITH, B. G.; SALTER, R. B.; OTTMAR, R. D.; ALVARADO, E. Recent changes (1930s–1990s) in spatial patterns of interior northwest forests, USA. **Forest Ecology and Management**, v. 136, n. 1–3, p. 53–83, out. 2000.

HOWARD, D. C.; PETIT, S.; BUNCE, R. G. H. Monitoring multi-functional landscapes at a national scale - guidelines drawn up from the Countryside Survey of Great Britain. In: J. BRANDT & H. VEJRE (Ed.). . **Multifunctional Landscapes Volume II. Monitoring, diversity and management**. WIT Press, 2003. p. 51–62.

HUECK, K. **Los bosques de Sudamérica; ecología, composición e importancia económica**. 2. ed. Eschborn: Sociedad Alemania de Cooperación Técnica, 1978.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Internacional do Brasil ao Milionésimo**. IBGE, 1972.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IVITS, E.; CHERLET, M.; MEHL, W.; SOMMER, S. Estimating the ecological status and change of riparian zones in Andalusia assessed by multi-temporal AVHRR datasets. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 3, p. 422–431, 1 maio 2009.

JONKER, P. P. Skeletons in N dimensions using shape primitives. **Pattern Recognition Letters**, v. 23, n. 6, p. 677–686, 1 abr. 2002.

KLEIN, R. M. Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. In: REITZ, R. (Ed.). . **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

KUPFER, J. A. Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 3, p. 400–420, 2 jun. 2012.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. 1. ed. Editora Oficina de Textos, 2009.

LEITÃO, A. B.; MILLER, J.; AHERN, J.; MCGARIGAL, K. (Eds.). **Measuring landscapes: a professional planner's handbook**. Island Press, 2006.

LEITE, C. M. C. Uma análise sobre o processo de organização do território: o caso do zoneamento ecológico--econômico. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 53, n. 3, p. 67–90, 1991.

LEITE, P. F. **As Diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação**. Dissertação (mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1994.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 113–150.

LIMA, M. I. C. Manuais Técnicos do IBGE: Uma proposta para uniformização do mapeamento temático. **2º Encontro Nacional de Produtos e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**, p. 32, 2006.

LIRA, P. K.; TAMBOSI, L. R.; EWERS, R. M.; METZGER, J. P. Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 278, p. 80–89, 2012.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDÍZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 12, p. 2365–2401, jun. 2004.

LUZ, N. B. **Unidades de Amostra de Paisagem no IFN-BR**. IV Simpósio Nacional de Inventário Florestal . **Anais...**Goiânia: 2016.

LUZ, N. B.; MARAN, J. C.; GARRASTAZU, M. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M.; FRANCISCON, L.; FREITAS, J. **Manual de Análise de Paisagem Volume 03 - Procedimentos para a geração de índices espaciais das Unidades Amostrais de Paisagem**. Colombo, Embrapa Florestas, (no prelo), 2018.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: IBPT, 1968.

MALINOWSKA, E.; SZUMACHER, I. Application of landscape metrics in the evaluation of geodiversity. **Miscellanea Geographica**, v. 17, n. 4, p. 28–33, 2013.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. **Recuperação e compatibilização do Projeto RADAMBRASIL, tema Vegetação**. IBGE, 2015. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/acervo_radambrasil/vetores/>.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Ecologia de paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. **Documentos/Embrapa Cerrados**, n. 121, p. 9-34, 2004.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p, 1995. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/3064>>. Acesso em: 27 jan. 2018.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1–2, p.

1–9, 2001.

METZGER, J. P. Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia da paisagem. In: CULLEN JR., L.; RHUDRAM, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Eds.). **Métodos e Técnicas na Biologia da Conservação e no Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR, 2003.

METZGER, J. P.; FONSECA, M. A.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; MARTENSEN, A. C. O uso de modelos em ecologia de paisagens. **Megadiversidade**, v. 3, n. 1–2, p. 64–73, 2007.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão Territorial. Zoneamento ecológico-econômico. Região Sul**. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/zee-nos-estados/item/8748>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

MOREIRA, M. A. (Ed.). **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2007.

MÜCHER, C. A.; KLIJN, J. A.; WASCHER, D. M.; SCHAMINÉE, J. H. J. A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 1, p. 87–103, jan. 2010.

NERC - NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL. **Countryside Survey: UK Results from 2007**. 2008. Disponível em: <http://www.countrysidesurvey.org.uk/sites/www.countrysidesurvey.org.uk/files/CS-UK-Results2007-Chapter01_0.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2018.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. S. **Landscape ecology: theory and application**. Springer-Verlag, New York, 1994.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 151–187.

NORTH, M. A. **A Method for Implementing a Statistically Significant Number of Data Classes in the Jenks Algorithm**. 2009 Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. **Anais...IEEE**, 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5358673/>>. Acesso em: 1 fev. 2018.

NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem. **Revista Geografar**, v. 2, n. 1, 2007.

O'NEILL, R. V.; HUNSAKER, C. T.; JONES, K. B.; RIITTERS, K. H.; WICKHAM, J. D.; SCHWARTZ, P. M.; GOODMAN, I. A.; JACKSON, B. L.; BAILLARGEON, W. S. Monitoring Environmental Quality at the Landscape Scale. **BioScience**, v. 47, n. 8, p. 513–519, set. 1997.

OLIVEIRA, A. C. C. A.; SOUZA, R. M. Cenários biofísicos e ordenamento territorial no litoral sul de Sergipe--Brasil. **Revista Equador**, v. 2, n. 2, p. 62–83, 2013.

ORTIZ, S.; BREIDENBACH, J.; KÄNDLER, G. Early Detection of Bark Beetle Green Attack Using TerraSAR-X and RapidEye Data. **Remote Sensing**, v. 5, n. 4, p. 1912–1931, abr. 2013.

PASCUAL-HORTAL, L.; SAURA, S. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. **Landscape Ecology**, v. 21, n. 7, p. 959–967, out. 2006.

PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. (Eds.). **Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 271–281, abr. 2014.

PLANET LABS. **RapidEye Imagery Product Specifications Version 6.1**. Planet Labs, 2016. Disponível em: <[https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/160625-RapidEye Image-Product-Specifications.pdf](https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/160625-RapidEye%20Image-Product-Specifications.pdf)>.

RIITTERS, K. H.; WICKHAM, J. D.; WADE, T. G. Evaluating Anthropogenic Risk of Grassland and Forest Habitat Degradation Using Land-Cover Data. **Landscape Online**, v. 13, n. 1, p. 1-14, 2009.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. **Conservation Biology**, v. 5, n. 1, p. 18–32, mar. 1991.

SAURA, S.; PASCUAL-HORTAL, L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. **Landscape and Urban Planning**, v. 83, n. 2–3, p. 91–103, nov. 2007.

SAURA, S.; RUBIO, L. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. **Ecography**, v. 33, n. 3, p. 523–537, jan. 2010.

SAURA, S.; TORNÉ, J. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. **Environmental Modelling & Software**, v. 24, n. 1, p. 135–139, jan. 2009.

SAURA, S.; VOGT, P.; VELÁZQUEZ, J.; HERNANDO, A.; TEJERA, R. Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analyses. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 2, p. 150–160, jul. 2011.

SBF, SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Manual de campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais**. Brasília: SBF, 2017.

SCHAMA, S. **Paisagem e memória**. Companhia das Letras, 1996.

SCHUSTER, C.; FÖRSTER, M.; KLEINSCHMIT, B. Testing the red edge channel for improving land-use classifications based on high-resolution multi-spectral satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 33, n. 17, p. 5583–5599, 5 mar. 2012.

SIGPARESWEB. Disponível em: <http://www.sispares.com/sigparesweb_007.htm>. Acesso em: 29 jan. 2018.

SILVA ECOSYSTEM CONSULTANTS LTD. **Landscape ecology - Literature Review**, 1992. Disponível em: <<http://www.silvafor.org/assets/silva/PDF/Literature/LandscapeEcologyOver.pdf>>.

SILVA, A. J. F. M. E.; EDUARDO, B. F. S.; FAZAN, A. J. **Avaliação da Qualidade Geométrica das Imagens RapidEye Ortoretificadas**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...Foz do Iguaçu**: INPE, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1303.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

SILVA, C. V. J.; LATORRE, N. S.; SILVA, R. D.; BROWN, I. F.; ARAGÃO, L. E. O. C. **Alterações nos padrões espectrais e da paisagem devido ao impacto do fogo nas florestas dominadas por Bambu no Estado do Acre**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. **Anais...João Pessoa**: INPE, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/291339594_Alteracoes_nos_padroes_espectrais_e_da_paisagem_devido_ao_impacto_do_fogo_nas_florestas_dominadas_por_Bambu_no_Estado_do_Acre>. Acesso em: 1 fev. 2018.

SIMONETTI, D.; MARELLI, A.; EVA, H. **IMPACT : portable GIS toolbox for image processing and land cover mapping**. Publications Office of the European Union, 2015.

SOILLE, P.; VOGT, P. Morphological segmentation of binary patterns. **Pattern Recognition Letters**, v. 30, n. 4, p. 456–459, 1 mar. 2009.

SON, N.-T.; CHEN, C.-F. Remote sensing of mangrove forests in Central America. **SPIE Newsroom**, 11 abr. 2013.

SOUSA, C.; SOUZA, C.; ZANELLA, L.; CARVALHO, L. **Analysis of Rapideye's Red Edge Band for Image Segmentation and Classification**. Proceedings of the 4th GEOBIA. **Anais...Rio de Janeiro**: 7 maio 2012.

STÅHL, G.; ALLARD, A.; ESSEEN, P.-A.; GLIMSKÄR, A.; RINGVALL, A.; SVENSSON, J.; SUNDQUIST, S.; CHRISTENSEN, P.; TORELL, A. G.; HÖGSTRÖM, M.; LAGERQVIST, K.; MARKLUND, L.; NILSSON, B.; INGHE, O. National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS)—scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 173, n. 1–4, p. 579–595, fev. 2011.

TAMBOSI, L. R.; MARTENSEN, A. C.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. A Framework to Optimize Biodiversity Restoration Efforts Based on Habitat Amount and Landscape Connectivity. **Restoration Ecology**, v. 22, n. 2, p. 169–177, mar. 2014.

TEIXEIRA, M. B.; COURA-NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. Vegetação; as regiões fitoecológicas, sua natureza, seus recursos econômicos; estudo fitogeográfico. In: **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 541–632.

TEJERA, R.; NÚÑEZ, M. V.; HERNANDO, A.; VELÁZQUEZ, J.; PÉREZ-PALOMINO, A. Biodiversity and Conservation Status of a Beech (*Fagus sylvatica*) Habitat at the Southern Edge of Species Distribution. In: **Biodiversity Enrichment in a Diverse World**. [s.l.] InTech, 2012.

TONIAL, T. M. **Dinâmica da Paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

TURNER, M. G. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, n. 1, p. 171–197, nov. 1989.

TURNER, M. G.; BAKER, W. L.; PETERSON, C. J.; PEET, R. K. Factors Influencing Succession: Lessons from Large, Infrequent Natural Disturbances. **Ecosystems**, v. 1, n. 6, p. 511–523, nov. 1998.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Quantitative methods in landscape ecology : the analysis and interpretation of landscape heterogeneity**. Springer-Verlag, 1991.

USGS. **Shuttle Radar Topography Mission, 30 Arc Second scene SRTM_u03_n008e004, Unfilled Unfinished 2.0**, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland. 2004.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VOGT, P. **GuidosToolbox (Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes)**. Ispra, Italy, Joint Research Centre (JRC) - Institute for Environment and Sustainability (IES), 2014. Disponível em: <<http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/>>.

VOGT, P.; RIITTERS, K. H. GuidosToolbox: universal digital image object analysis. **European Journal of Remote Sensing**, v. 50, n. 1, p. 352–361, 6 jan. 2017.

VOGT, P.; RIITTERS, K. H.; ESTREGUIL, C.; KOZAK, J.; WADE, T. G.; WICKHAM, J. D. Mapping Spatial Patterns with Morphological Image Processing. **Landscape Ecology**, v. 22, n. 2, p. 171–177, fev. 2007.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial - métricas do Fragstats**. São José dos Campos, Trabalho de análise espacial do curso de mestrado do INPE, 1998.

WANG, X.; BLANCHET, F. G.; KOPER, N. Measuring habitat fragmentation: An evaluation of landscape pattern metrics. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 5, n. 7, p. 634–646, jul. 2014.

WICKHAM, J. D.; NORTON, D. J. Mapping and analyzing landscape patterns. **Landscape Ecology**, v. 9, n. 1, p. 7–23, mar. 1994.

WU, J. Landscape Ecology, Cross-disciplinarity, and Sustainability Science. **Landscape Ecology**, v. 21, n. 1, p. 1–4, jan. 2006.

WU, J. Urban sustainability: an inevitable goal of landscape research. **Landscape Ecology**, v. 25, n. 1, p. 1–4, jan. 2010.

WU, J. Landscape Ecology. In: **Ecological Systems**. New York, NY: Springer New York, 2013. p. 179–200.